

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Biologie

Obor: Biologie



## **Odhad věku na základě lidské dentice**

Age estimation based on human dentice

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Magdaléna Černá**

Školitel: RNDr. Jana Velemínská, Ph.D.

Praha, 2013

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 15. 5. 2013

Podpis:

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala své školitelce RNDr. Janě Velemínské, Ph.D. za její cenné rady a připomínky, které mi v průběhu vypracovávání práce poskytla, i za její vřelý přístup. Můj dík patří také RNDr. Miluši Dobisíkové, Dr. a Doc., RNDr. Jaroslavu Brůžkovi, Ph.D. za dodání literárních zdrojů. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině za neustálou podporu během celého studia.

## **Abstrakt**

Odhad věku hraje velmi důležitou úlohu nejen ve forenzní a biomedicínské antropologii, nýbrž v dalších vědních disciplínách, jako je bioarcheologie či paleoantropologie. Za nejspolehlivější věkové indikátory se v období dětství a dospívání považují zuby, jež jsou zároveň odolnější vůči působení vnějších a vnitřních faktorů, a tím rezistentní vůči rozkladu po velmi dlouhou dobu i po smrti jedince. Zatímco u dětí a mladistvých odhadujeme věk na základě mineralizace popřípadě erupce zubů, u dospělých osob se zaměřujeme na znaky stárnutí dentice. Vznikla celá řada původních či odvozených metod pro odhad věku na základě těchto kritérií. Tato bakalářská práce se snaží shrnout v obecnějším měřítku principy a metody odhadu věku na základě dentice jak u nedospělých, tak dospělých jedinců.

**Klíčová slova:** dentální věk, odhad věku, dentice, mineralizace, erupce, involuční změny, Demirjianova metoda, třetí stolička

## **Abstract**

Age estimation plays a very important role not only in forensic and biomedical anthropology, but also in other disciplines, such as bioarcheologie or paleoanthropology. Teeth are considered the most reliable age indicators during childhood and adolescence. Teeth are resistant to the effects of external and internal factors, and because of that they decay a long time after a death of an individual. While age estimation in children and adolescents can be based on mineralization or eruption of the teeth, in adults it is focused on retrogressive changes in dentition. There have been established several methods and their modification for age assessment based on these criteria. This thesis aims to generally summarize the principles and methods of age estimation based on dentition both in immature and adult individuals.

**Key words:** dental age, age estimation, dentice, mineralization, eruption, involution changes, Demirjian's method, third molar

## OBSAH

1.	ÚVOD .....	1
2.	ODHAD VĚKU A JEHO VYUŽITÍ .....	2
3.	BIOLOGICKÝ VĚK A JEHO ČLENĚNÍ.....	2
3.1.	Dentální věk .....	3
3.2.	Kostní věk .....	4
3.3.	Pohlavní věk.....	4
4.	LIDSKÝ CHRUP .....	4
4.1.	Stavba zubu .....	5
5.	VÝVOJ DENTICE .....	5
5.1.	Embryonální vývoj dentice .....	6
5.2.	Vývoj dentice po narození.....	6
5.3.	Erupce .....	7
5.4.	Morfologické změny dentice v procesu stárnutí .....	7
5.5.	Variabilita vývoje lidského chrupu .....	8
6.	SPOLEHLIVOST A PŘESNOST ODHADU VĚKU .....	9
7.	METODY PRO ODHAD VĚKU NA ZÁKLADĚ DENTICE.....	10
7.1.	Metody odhadu dentálního věku u fétu.....	12
7.2.	Metody odhadu dentálního věku u dětí a juvenilních jedinců.....	12
7.2.1	Metoda podle Schoura a Masslera – Ubelakerova metoda.....	12
7.2.2	MFH-metoda a její modifikace .....	13
7.2.3	Demirjianova metoda a její modifikace .....	15
7.2.4	Camerierova metoda.....	16
7.2.5	Metoda podle Gustafsona a Kocha.....	17
7.2.6	Metoda podle Nolly .....	17
7.2.7	Ostatní metody .....	18
7.2.8	Využití třetí stoličky pro odhad věku .....	18
7.3.	Metody odhadu dentálního věku u dospělých jedinců .....	20
7.3.1	Průhlednost kořene .....	20
7.3.2	Ukládání sekundárního dentinu .....	21
7.3.3	Atrice .....	23
7.3.4	Vrstvení zubního cementu .....	23
7.3.5	Ostatní morfologické změny .....	24
7.3.6	Gustafsonova metoda a její modifikace .....	25
7.3.7	Racemizace kyseliny asparagové .....	26
8.	DISKUZE .....	27
9.	ZÁVĚR .....	28
10.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	29

## 1. ÚVOD

„Ukaž mi Tvé zuby a já Ti řeknu, kdo jsi“ – tuto větu pronesl Baron Georges Cuvier, jeden z nejvýznamnějších anatomů a zoologů 18. století, a její význam nám pomáhá uvědomit si, že zuby nejsou pouze nástrojem pro zpracování potravy, ale také vodítkem pro hledání identity jedince (Pretty a Addy, 2002). Zuby si v sobě nesou informace nejen o zdraví a způsobu života každého člověka, ale také o jeho věku.

Věk patří spolu s pohlavím, výškou postavy a populační příslušností do tzv. velké čtyřky, pomocí které se sestavuje základní biologický profil jedince (Bradley, 2007). Zároveň je věk důležitým kulturním a sociálním parametrem. V určitých situacích, jako je například forenzní či bioarcheologická praxe, však informace o věku může chybět. V těchto případech je proto nutné věk odhadnout.

Odhad věku pomocí zubů patří v jistých věkových intervalech mezi nejspolehlivější a nepřesnější. V průběhu let se vyvinulo několik desítek metod pro odhad věku na základě dentice. V jednotlivých fázích života jsou tyto metody založeny na odlišných principech. U dětí a adolescentů se posuzuje vývoj dentice. Po ukončení vývoje dentice jsou metody založeny na změnách chrupu spojených s přibývajícím věkem.

Tato bakalářská práce se snaží shrnout v obecnějším měřítku principy a metody pro odhad věku na základě dentice u dětí, mladistvých i dospělých jedinců. Dále si klade za cíl jednotlivé metody srovnávat v souvislosti s jejich výhodami a nevýhodami.

## **2. ODHAD VĚKU A JEHO VYUŽITÍ**

Věk je jedním z klíčových faktorů využívaných pro úspěšnou identifikaci jedince. Z tohoto důvodu hraje odhad věku důležitou roli v několika odborných disciplínách.

Jednou z těchto disciplín je především forenzní antropologie a medicína (Vodanović a kol., 2011). Zde je nutná identifikace jak lidských ostatků, například při přírodních katastrofách (Babshet a kol., 2010), tak osob spojených s kriminálním činem (Aggarwal a kol., 2008). Ověření stáří osob je důležité při posuzování právní způsobilosti a odpovědnosti (Acharya, 2011) či v případech adopce, pokud není k dispozici rodný list dítěte (Rai a kol., 2010), což může nastat například při odložení dítěte neznámé totožnosti do babyboxu. Odhad věku u žijících osob je speciálně důležitý v multikulturních společnostech, kde roste ilegální imigrace, a je nezbytné ověřit stáří imigrantů a uprchlíků, kteří nemohou poskytnout evidenční doklady o datu narození (Cruz-Landeira a kol., 2010). Problémem imigrantů je především fakt, že v imigrantské zemi je požadován doklad o datu narození pro zapojení se do administrativních, právních a sociálních procesů. Potíže tak mohou nastat s pobíráním sociálních dávek, přihlášením dítěte do školy či s žádostmi o uzavření manželství.

S odhadem věku se setkáváme také v bioarcheologii a paleoantropologii. V jejich případech je v rámci nálezu nutné odhadnout věk dožití jedinců především za účelem přesnější rekonstrukce paleodemografické struktury a následné interpretace úmrtnosti populace daného období v závislosti na přírodních, sociálních či kulturních podmínkách (Dean, 2010; Boccone a kol., 2010).

## **3. BIOLOGICKÝ VĚK A JEHO ČLENĚNÍ**

Jak u živých, tak i mrtvých osob odhadujeme nejprve věk biologický neboli fyziologický (Cunha a kol., 2009). Lze jej charakterizovat jako stupeň vyzrálosti jednotlivých tělních tkání jedince (Demirjian a kol., 1973). Řada studií prokázala korelaci biologického věku s věkem chronologickým čili kalendářním, který je určen podle data narození (např. Demirjian a kol., 1973; Gunst a kol., 2003). Přestože vývoj tělních tkání s kalendářním věkem koreluje, nelze jej za biologický věk zaměňovat. Jedinci stejného chronologického věku totiž mohou dosahovat zcela odlišného stupně vývoje, tím pádem nemusí být hodnota biologického a chronologického věku totožná (Cunha a kol., 2009; Araújo a Pontual, 2010). Indikátory biologického věku vykazují značnou variabilitu zejména v závislosti na faktorech vnějšího prostředí, genetickém vlivu a typu pohlaví (Ardakani a kol., 2007). Velký vliv na maturaci jedince mohou mít choroby. Velká většina chorob vývoj jedince zpomaluje. Existují však

i některé vzácnější, obvykle endokrinní poruchy, které naopak vývoj zrychlují (Schmeling a kol., 2003).

Biologický věk má svou úlohu také v medicíně. Jeho srovnáním s věkem chronologickým lze hodnotit soulad rozvoje jedince v rámci fyziologických hranic, nebo zjistit vybočení, ukazující na řadu možných patologických stavů (Vlček, 1994).

Podle charakteru indikátorů, na základě kterých biologický věk odhadujeme, rozlišujeme několik typů biologického věku – věk dentální, věk kostní a věk pohlavní zralosti (Demirjian a kol., 1973).

### **3.1. Dentální věk**

Nejstabilnějšími indikátory biologického věku jsou v období dětství a dospívání jedince zuby, pomocí kterých stanovujeme věk dentální (Ardakani a kol., 2007). Oproti měkkým tkáním jsou zuby rezistentní vůči rozkladu po velmi dlouho dobu i po smrti jedince (Aggarwal a kol., 2008) a oproti kostní tkáni je vývoj dentice mnohem méně ovlivněn faktory vnějšího prostředí a mnohem více regulován prostřednictvím genů (Hughes a kol., 2007). Dentální vývoj probíhá částečně ještě před narozením (Ardakani a kol., 2007) a je centrálně ovládán především činností hypofýzy, což zaručuje minimální ovlivnění zevními faktory (Vlček, 1994). Rezistence vůči vnějším podmínkám je dána zároveň strukturními vlastnostmi skloviny, nejtvrďší tkáň těla, která kryje korunku každého zubu (Janqueira a kol., 1997).

Dentální věk se odhaduje především na základě stádia mineralizace (Moorrees a kol., 1963; Demirjian a kol., 1973) a erupce zubů (Ubelaker, 1989; Olze a kol., 2007). Tato kritéria můžeme aplikovat již od čtrnáctého týdne nitroděložního života, kdy začíná mineralizovat první zub – mléčný řezák (Nelson a Ash, 2010), do ukončení vývoje kořene třetí stoličky. Věková hranice pro ukončení vývoje dentice se však může vlivem vysoké vývojové variability třetí stoličky velmi lišit (Prieto a kol., 2005; Meinel a kol., 2007; Karadayi a kol., 2012).

U starších jedinců je při odhadu věku nutné zaměřit se na postup změn zubních tkání v závislosti na věku jedince, které jsou však mnohem více ovlivněny vnějšími faktory a nevykazují tak velkou stabilitu jako dentální vývoj (Gustafson, 1950; Lovejoy, 1985; Kvaal a kol., 1995).

O tomto tématu pojednávají podrobněji další kapitoly zabývající se problematikou odhadu věku na základě dentice.



### 3.2. Kostní věk

V případě odhadu kostního věku se stanovuje stupeň osifikace kostí či míra jejich srůstání.

Pro odhad věku u dětí a mladistvých se nejčastěji uplatňují radiografické snímky mineralizujících kostí ruky a zápěstí (Cameriere a Ferrante, 2008; Santoro a kol., 2012). Obvykle se pro tuto oblast používají standardy navržené Greulichem a Pylem (Greulich a Pyle, 1959) či Tannerem a Whitehousem (Tanner a kol., 1997). Odhadnout věk můžeme také na základě objevení osifikačních center, délky diafýz dlouhých kostí nebo fúze těl kostí s jejich epifýzami (Cameriere a kol., 2012a).

U dospělých jedinců lze věk odhadovat na základě morfologických změn kostry. Příkladem může být metoda založená na pozorování změn v *symphysis pubica* (Sinha, 1995; Martins a kol., 2012). Tato metoda je mezi forenzními antropology nejpopulárnější (Garvin a kol., 2012). Další hojně využívanou metodou je sledování involučních změn na sternálních koncích žeber (Kurki, 2005). Odhad věku lze provádět také na základě srůstu lebečních švů (Akhlaghi a kol., 2010). Tento přístup je ovšem z důvodu nepřesných výsledků odhadu nedoporučovaný (Hershkovitz a kol., 1997) a forenzními antropology téměř nevyužívaný (Garvin a kol., 2012).

### 3.3. Pohlavní věk

Nejvyšší vývojovou variabilitu ze všech věkových indikátorů biologického věku vykazují sekundární pohlavní znaky, pomocí kterých stanovujeme věk pohlavní zralosti. Jsou totiž více ovlivněny endokrinním systémem i stravou. Proto by měly být použity pouze v kombinaci s indikátory kostní či dentální zralosti (Schmeling a kol., 2003, Santoro a kol., 2009). Mezi sekundární pohlavní znaky, jejichž vývoj pro odhad věku můžeme sledovat, patří stupeň vývoje vnějších pohlavních orgánů a pubického a axiálního ochlupení u chlapců (Marshall a Tanner, 1970) nebo děvčat (Marshall a Tanner 1969).

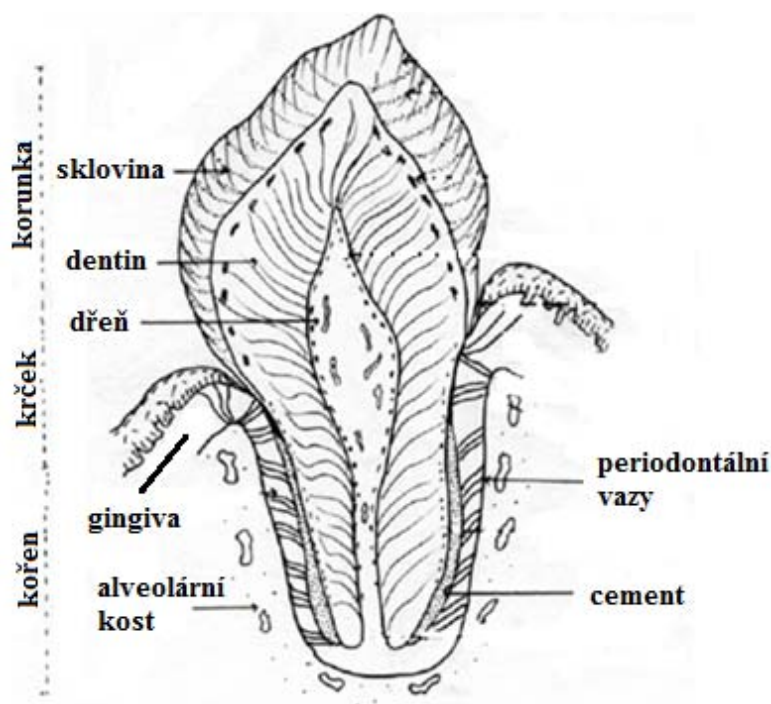
## 4. LIDSKÝ CHRUP

Lidský chrup neboli dentice se skládá ze 4 typů zubů: řezáků (*incisivi*), špičáků (*canines*), třenových zubů (*premolars*) a stoliček (*molars*), (Čihák, 2002). Dentici můžeme rozdělit do 4 kvadrantů: horní levý a pravý kvadrant a dolní levý a pravý kvadrant. Každý kvadrant trvalé dentice obsahuje 2 řezáky ( $I_1$ ,  $I_2$ ), 1 špičák ( $\underline{C}$ ), 2 třenové zuby ( $P_1$ ,  $P_2$ ) a 3 stoličky ( $M_1$ ,  $M_2$  a  $M_3$ ). V případě mléčné dentice třenové zuby zcela chybí a stoličky jsou pouze 2 ( $m_1$ ,  $m_2$ ). Počet špičáků ( $\underline{c}$ ) i řezáků ( $i_1$ ,  $i_2$ ) je stejný (Hillson, 1996).

#### 4.1. Stavba zubu

Zub sestává z korunky (*corona dentis*), části vyčnívající z dásně (*gingiva*), a z 1 nebo více kořenů (*radix dentis*), které jsou zasazeny do kostních lůžek, zvaných alveoly (Obr. 1). Korunka je kryta sklovinou (*enamelum*), zatímco kořen je pokryt cementem (*cementum*). Tyto dva povrchy se setkávají na krčku zubu (*collum dentis*), (Janqueira a kol., 1997). Hlavní výplň zubu vytváří zubovina (*dentin*), (Čihák, 2002). Dentin obaluje dřevnou dutinu (*cavitas dentis*), která začíná od špičky kořene jako kořenový kanál. Periodontální vazy jsou kolagenní vlákna zakotvená v cementu, která pevně fixují zub v alveolu (Janqueira a kol., 1997).

Pro podrobnější popis histologické a anatomické stavby zubu odkazují na použité zdroje.



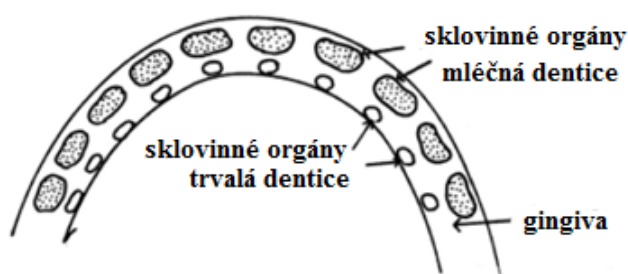
Obr. 1: Stavba zubu (upraveno podle Nedorost a kol., 2009).

#### 5. VÝVOJ DENTICE

Zubní tkáň je dvojího původu – ektodermálního a ektomezenchymového (Janqueira a kol., 1997). Dentální vývoj představuje kontinuální proces, během kterého se formuje nejprve korunka zubu, poté jeho kořen (Nelson a Ash, 2010).

### 5.1. Embryonální vývoj dentice

Vývoj dentice začíná již v 6. týdnu prenatalního života, kdy začne ektoderm proliferovat směrem do ektomezenchymu, a vytvoří tak horní a dolní zubní lištu. Zhruba v 8. až 10. týdnu se v zubních lištách vytváří 10 zubních pupenů, které jsou základem pro vznik mléčných zubů (Junqueira, 1997). Zubní pupeny nevznikají současně. Nejprve se zakládají v přední části dolní čelisti, poté v předním okrsku horní čelisti a později i laterálně (Vacek, 2006). Ektodermová složka zubních pupenů představuje tzv. sklovinný orgán, jenž dává vzniknout sklovině. Složka ektomezenchymová dává vzniknout tzv. zubní papile (Junqueira a kol., 1997). Zubní pupeny se proliferací ektodermu mění v zubní pohárky a v okolí zubních pohárků se následně vytváří zubní váčky (Vacek, 2006). Zhruba v 16. týdnu ztrácejí zubní pohárky spojení s primární zubní lištou, která se rozpadá s výjimkou jejích laterálních konců. Tyto konce později proliferují a dávají původ trvalým stoličkám, které tak nemají předchůdce v dočasném chrupu jako ostatní trvalé zuby (Vacek, 2006). Trvalý chrup se vyvíjí ze sekundární zubní lišty (Obr. 2), která vyrůstá z lingvální strany primární zubní lišty (Junqueira, 1997).



Obr. 2: Základy mléčné a trvalé dentice (Nedorost a kol., 2009).

První mléčné zuby, které se začínají mineralizovat již ve 14. týdnu nitroděložního života jsou  $i_1$ , o 2 týdny později je následují  $i_2$ . Přibližně v 17. týdnu po oplození dochází k mineralizaci  $c$  a kolem 15. týdne lze sledovat počátek mineralizace  $m_1$ , o 3 až 4 týdny později také  $m_2$ . Zhruba ve 30. týdnu začíná mineralizovat i první trvalý zub –  $M_1$  (Nelson a Ash, 2010).

### 5.2. Vývoj dentice po narození

Všechny mléčné zuby jsou obvykle vyvinuty do 3,5 let. Přibližně v 1,5 letech dochází k dokončení vývoje  $i_1$  a  $i_2$  dolního kvadrantu a  $i_1$  kvadrantu horního. O půl roku později je následuje také poslední  $i_2$ . Mezi 2. a 3. rokem života dokončují vývoj  $m_1$ , poté je zhruba

ve 3 letech následují  $m_2$ . Jako poslední dokončují vývoj špičáky, tedy zhruba ve 3,5 letech (Nelson a Ash, 2010).

Počátek mineralizace u trvalých zubů probíhá s výjimkou  $M_1$  až po narození (Moorrees a kol., 1963). Mezi 3. a 4. měsícem začínají mineralizovat dolní  $I_1$  i  $I_2$  a horní  $I_1$ , o měsíc později lze pozorovat mineralizaci všech  $\underline{C}$  (Hillson, 1996). Počátek mineralizace u horního  $I_2$  probíhá až koncem 1. roku života dítěte (Nelson a Ash, 2010). Během 2. a 3. roku se postupně začínají vyvíjet všechny třenové zuby i  $M_2$  (Hillson 1996). Počátek vývoje  $M_3$  se datuje přibližně na 7 až 10 let (Moorrees a kol., 1963).

Dokončení růstu kořene u trvalých zubů je variabilnější (Hillson, 1996).  $M_1$  i všechny řezáky skončí s vývojem kořene jako první mezi 9. až 12. rokem života. Všechny ostatní zuby dokončují vývoj kořene až po dovršení 12 let (Moorrees a kol., 1963).  $M_3$  stolička nezačíná svůj vývoj, dokud nejsou vyvinuty korunky všech předešlých zubů (Hillson, 1996).

### 5.3. Erupce

Erupce je kontinuální proces, při kterém zubní korunky pronikají čelistí a dásní do dutiny ústní a směřují k okluzi (Liversidge a Molleson, 2004). Erupce souvisí s růstem vyvíjejících se zubů do délky (Čihák, 2002). V době, kdy se blíží prořezávání, dochází k intenzivnímu růstu kořene zubu (Vacek, 2006). Termínem erupce je často nesprávně označován proces gingiválního prořezávání zubu, které představuje pouze jednu část tohoto kontinuálního procesu (Nelson a Ash, 2010). Z tabulky lze vyčíst souslednost prořezávání zubů (Tab. 1).

Tab. 1: Prořezávání mléčných a trvalých zubů (zpracováno podle Vacek, 2006)

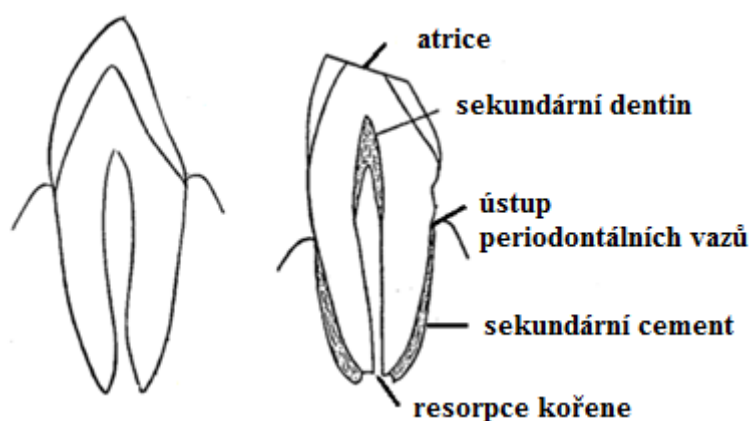
Mléčný chrup		Trvalý chrup	
$i_1$	6. – 8. měsíc	$I_1$	6. – 8. rok
$i_2$	7. – 12. měsíc	$I_2$	6. – 7. rok
$m_1$	12. – 16. měsíc	$C$	7. – 9. rok
$c$	15. – 20. měsíc	$P_1$	9. – 11. rok
$m_2$	20. – 30. měsíc	$P_2$	9. – 14. rok
		$M_1$	1. – 14. rok
		$M_2$	10. – 15. rok
		$M_3$	17. – 30. rok

### 5.4. Morfologické změny dentice v procesu stárnutí

V průběhu života dochází ke strukturním změnám a postupnému opotřebení chrupu jedince (Gustafson, 1950; Lovejoy, 1985).

Změn (Obr. 3), ke kterým během zvyšujícího se věku dochází, můžeme rozlišit nejméně jedenáct: změna barvy zubu, ústup periodontálních vazů (ligament), atrice, snížení počtu zubů, resorpce kořene, ukládání sekundárního dentinu a zubního cementu, zvýšení průhlednosti kořene, tvorba peritubulárního dentinu a racemizace kyseliny asparagové (Rösing a Kvaal, 1998). Tyto změny můžeme pozorovat jak makroskopicky, tak mikroskopicky (Gustafson, 1950).

Proces opotřebení chrupu je variabilní a závislý na řadě faktorů, například na typu potravin a způsobu jejich úpravy (Li a Ji, 1995).



Obr. 3: Výběr involučních změn (upraveno podle Gustafson, 1950).

### 5.5. Variabilita vývoje lidského chrupu

Vývoj zubů a jejich erupce může být dosti variabilní v závislosti na řadě faktorů. Mezi tyto faktory patří především pohlaví, etnicita a populační specifita.

Řada studií potvrdila, že dívky jsou v případě dentálního vývoje v předstihu (Demirjian a Levasque, 1980; Al-Emran, 2008), tedy podobně jako u dalších maturationálních procesů, například vývoje sekundárních pohlavních znaků (Marshall a Tanner, 1969; Marshall a Tanner, 1970). Výjimku může představovat M<sub>3</sub>, u které často dochází k dokončení jejího vývoje dříve u chlapců (Bai a kol., 2008). Možným vysvětlením je, že vývoj M<sub>3</sub> na rozdíl od ostatních zubů začíná až po začátku pubertálního období (Blankenship a kol., 2007). Pohlavní dimorfismus se začíná projevovat až v pozdějších stádiích dentálního vývoje, nejčastěji po vytvoření zubní korunky (Moorrees a kol., 1963). Největší pohlavní rozdíly vykazují c, v jejichž případě může být rozdíl 0,9 let (Demirjian a Levasque, 1980) nebo dokonce 1,3 let (Moorrees a kol., 1963).

Několik studií se zaměřilo na rozdíly vývoje dentice mezi etniky a populacemi. Blankenship potvrdila, že Afroameričané dosáhnou jednotlivých stádií mineralizace M<sub>3</sub>

přibližně o rok dříve než Američané bílé pleti (Blankenship a kol., 2007). Variabilita byla prokázána také v případě erupce zubů. Podle Garnovy studie dochází k erupci všech trvalých zubů u Afroameričanů dříve než u Američanů bílé pleti. Největší věkový rozdíl byl zaznamenán u M<sub>3</sub>. V případě horní čelisti se jednalo o rozdíl 3,7 let, v případě dolní čelisti dokonce o 5,6 let dříve (Garn, 1972).

Ve srovnávací studii porovnávající vývoj dentice u japonské a německé populace, vyšlo najevo, že Japonci dosáhnou určitého stádia mineralizace průměrně o 2 až 3 roky později než Němci (Olze a kol., 2003). V jiné studii se srovnával dentální vývoj Němců a Jihoafričanů. V porovnání s předchozí studií dosáhli Němci určitých stádií vývoje později než Jihoafričané (Olze a kol., 2007). Další studie porovnávala prořezávání mléčných zubů v 7 různých zemích světa (Tab. 2). Opět byly prokázány značné mezipopulační rozdíly (Soliman a kol., 2011). Z těchto vyzorovaných skutečností je řadou autorů doporučeno využívat pro odhad věku populačně specifických standardů.

Některé výzkumy ovšem předpokládají, že populační rozdíly mohou být způsobeny rozdílnou metodologií odhadu věku či sekulárními vlivy (Braga a kol., 2005; Maber a kol., 2006; Liversidge a kol., 2006).

Tab. 2: Průměrná doba (v měs.) pro prořezání mléčných zubů horní čelisti v 7 zemích světa  
(upraveno podle Soliman a kol., 2011)

	Egypt	Nigérie	Saudská Arábie	Irák	Island	USA	Nepál
i <sub>1</sub>	9,8	10,4	11,9	10,7	8,9	9,3	12,6
i <sub>2</sub>	12,0	12,7	13,0	10,1	10,3	12,0	14,0
c	19,4	19,3	21,1	18,8	17,5	21,0	19,1
m <sub>1</sub>	17,1	16,6	16,8	16,3	15,1	17,5	15,8
m <sub>2</sub>	25,4	24,7	28,1	26,0	26,1	30,9	26,6

## 6. SPOLEHLIVOST A PŘESNOST ODHADU VĚKU

Metody pro odhad věku můžeme klasifikovat z pohledu dvou kritérií, spolehlivosti a přesnosti (Braga a kol., 2005).

Zpravidla se odhad provádí číselným intervalem, v němž se teoretická hodnota, v našem případě hodnota odhadovaného věku, nachází a nazýváme ho intervalem spolehlivosti neboli konfidenčním intervalem. Délka tohoto intervalu závisí na hladině spolehlivosti, se kterou ho určujeme (Hendl, 2006). Nejpoužívanější hladina spolehlivosti je 95% (Foti a kol., 2003; Rai a kol., 2010). Čím bude konfidenční interval širší, tím bude odhad spolehlivější, avšak méně přesný (Hendl, 2006).

U jedinců známého kalendářního věku lze stanovit přesnost odhadu biologického věku na základě rozdílu hodnot biologického a chronologického věku. Pokud je výsledek po odečtení chronologického věku od odhadovaného věku pozitivní, hovoříme o nadhodnocení, pokud negativní, jedná se o podhodnocení (Maber a kol., 2006). Průměrná hodnota rozdílu mezi odhadovaným a skutečným věkem se nazývá střední chyba odhadu, SE (z aj. standard error), a je také často využívána pro měření přesnosti metod (Ritz-Timme a kol., 2000). Je často rozšířena o směrodatnou odchylku, SD (z aj. standard deviation), (Meinl a kol., 2007; Liversidge a kol., 2010). V některých studiích je odhad věku charakterizován pouze SD (Soliman a kol., 2011). V dalších studiích se využívá střední absolutní chyby odhadu, MAE (z aj. mean absolute error), (Babshet a kol., 2010) či střední chyby průměru, ME (z aj. mean error), (De Luca a kol., 2012). Ojediněle se může přesnost metody vyjadřovat reziduální chybou a mezikvartilovým rozpětím, IQR (z aj. interquartile range), (Cameriere a kol., 2006).

Pro forenzní účely byla stanovena hranice přesnosti metod. V případě odhadu věku dospělých jedinců je střední chyba odhadu přesahující hodnotu 10 let považována za nepřijatelnou (Solheim a Sundnes, 1980).

Dalším ukazatelem přesnosti metod je korelační koeficient (Ritz-Timme a kol., 2000). Ten nabývá hodnot od -1 do +1, čím je hodnota bližší 0, tím je menší korelace s chronologickým věkem (Hendl, 2006).

## **7. METODY PRO ODHAD VĚKU NA ZÁKLADĚ DENTICE**

V úvodních kapitolách již bylo zmíněno, že odhad věku na základě dentice je u nedospělých jedinců založen na jiných principech, než je tomu u posuzování věku dospělých osob. Zatímco u nedospělých jedinců je chronologický věk odhadován na základě mineralizace zubů a erupce, odhad věku u dospělých jedinců je založen na morfologických změnách dentice během stárnutí.

Odhad dentálního věku lze provádět u živých osob, mrtvol i pozůstatků v pokročilém stádiu rozkladu s alespoň částečně zachovalým zubním materiálem (Solheim a Vonen, 2006).

Metody, jež slouží k odhadu věku na základě dentice, můžeme rozdělit do tří kategorií: metody radiografické, biochemické a histologické (Acharya a Kumar, 2011).

Radiografické metody se používají především u dosud plně nevyvinuté, stále formující se dentice, kde můžeme sledovat stádium mineralizace a erupce zubů (Moorrees a kol., 1963). S využitím radiografických metod se může věk odhadovat také u dospělých osob, ovšem

nedosahují tak přesného výsledku, jako je tomu u metod biochemických a histologických (Kagerer a Grupe, 2001).

Biochemické metody se využívají pouze u vyextrahovaných zubů a lidských dentálních pozůstatků. Nejpoužívanější biochemická metoda, s poměrně nízkou střední chybou odhadu, je založená na principu racemizace kyseliny asparagové (Ohtani, 1995). Mezi další biochemické metody můžeme dále zařadit počítání radioizotopů uhlíku  $C^{14}$  ve sklovině (Kirsty a kol., 2005).

Histologické metody se používají, stejně jako metody biochemické, u lidských dentálních pozůstatků či zubů po extrakci. Pomocí histologických řezů můžeme například spočítat jednotlivé vrstvy zubního cementu (Wittwer-Backofen a kol., 2004), zhodnotit resorpci kořene či množství uloženého sekundárního dentinu (Gustafson, 1950).

Velkou nevýhodou posledních dvou kategorií metod je nejen nutnost extrakce zubu, ale následné destruktivní zacházení se zubní tkání. Radiografické metody extrakci zubu nevyžadují, jsou jednoduché a oproti metodám biochemickým a histologickým méně nákladné (Panchbhai, 2011).

Existují však další kategorie metod jako makroskopické pozorování (Rösing a Kvaal, 1998), metody pracují s metrickými hodnotami, tedy výškou a šířkou jednotlivých částí zubu (Kvaal a kol., 1995; Cameriere a kol., 2006) či suchou váhou zubů (Deutsch a kol., 1984). Nově se pro snímání chrupu a odhad věku může využít také počítačová tomografie (CT), která na rozdíl od radiografie nevyžaduje manipulaci s hlavou a umístění snímacího aparátu do úst (Graham a kol., 2010).

Jednotlivé metody se mohou dále lišit způsobem zpracování dat získaných pomocí výše zmíněných technik. Zatímco u některých metod jsou výstupem zhodnocení vývoje dentice klasifikační ilustrovaná schémata (Moorrees a kol., 1963, Ubelaker, 1989), další metody poskytují grafy (Gustafson a Koch, 1974), skórovací tabulky (Nolla, 1960; Demirjian a kol., 1973) či regresní rovnice (Cameriere a kol., 2006). Do jiné kategorie patří takzvané dataminingové metody, představující predikční systémy, ke kterým se řadí například neuronové sítě (Veleminska a kol., in press). Ačkoli je nevýhodou těchto metod jejich mnohdy složitá interpretace (URL1), podávají na rozdíl od jiných statistických přístupů přesnější výsledky odhadu (Veleminska a kol., in press).

Z výsledků studií zabývajících se odhadem věku je prokazatelné, že čím je jedinec mladší, tím je přesnost odhadu vyšší (Whittaker, 1995). Hlavním důvodem je skutečnost, že vývoj a růst zubu je regulovanějším a synchronizovanějším procesem, než to je v případě procesu vyžrávání dentice u dospělého jedince (Babshet a kol., 2010). Dalším možným



vysvětlením je fakt, že v nižším věku se odehrávají kratší vývojové události a lze je tak lépe zaznamenat (Bolaños a kol., 2000).

### **7.1. Metody odhadu dentálního věku u fétu**

V prenatální fázi života je velmi problematické odhadnout věk jedince (Panchbhai, 2011). Většina poznatků, které jsou známy o prenatálním vývoji dentice, byla získána na základě zkoumání extrahovaných zubních zárodků u potracených plodů (Kraus a Jordan, 1965).

Základem původních snah o získání představy ohledně vývoje dentice bylo jednoduché měření velikosti vyvíjejících se zubů (Berten, 1895). Později byla prokázána korelace gestačního věku se suchou váhou mineralizovaných zárodků mléčných zubů (Luke a kol., 1978) i jejich výškou (Liversidge a kol., 1993).

Mineralizací stoliček mléčné dentice lidských zárodků se zabývali i čeští odborníci (např. Slípka a Tomaier, 1975). Jejich poznatky, získané na základě rentgenových snímků, byly srovnávány s údaji ze studie Krause a Jordana (1965). Postup mineralizace byl srovnatelný v obou studiích, ovšem v rentgenových snímcích se kontrastní kalcifikace objevila o 2 – 3 týdny později než u extrahovaného materiálu (Slípka a Tomaier, 1975).

Jelikož většina metod pro odhad věku u dětí a mladistvých zohledňuje také intrauterinní vývoj dentice, budu o dalších metodách konkrétněji hovořit v následující kapitole.

### **7.2. Metody odhadu dentálního věku u dětí a juvenilních jedinců**

Metody založené na vývojových stádiích dentice (mineralizace chrupu) jsou mnohem spolehlivějším parametrem pro odhad věku, než metody založené na erupci zubu (Solheim a Vonen, 2006). Proces erupce je řízen z jiného centra – jeho hlavním regulátorem je štítná žláza (Komínek a Rozkovecová, 1984). Gingivální erupce je navíc limitována svou velmi krátkou periodou a neumožňuje nám tak sledovat maturaci jedince v době, kdy k tomuto procesu obvykle nedochází, tedy v období od 2,5 let do 6 let a následně od 12. roku života, nepočítáme-li vývoj třetího moláru (Demirjian a Levasque, 1980). Erupce zubu může být navíc ovlivněna celou řadou faktorů jako časnou nebo naopak odloženou extrakcí mléčných zubů, ankylózou či nedostatek místa pro stálé zuby (Demirjian a kol., 1973).

#### **7.2.1 Metoda podle Schoura a Masslera – Ubelakerova metoda**

Schour a Massler publikovali studii (1941), ve které popsali 22 chronologických stádií mineralizace a erupce u jedinců ve věku od 5 nitroděložních měsíců do 35 let života. Vytvořili

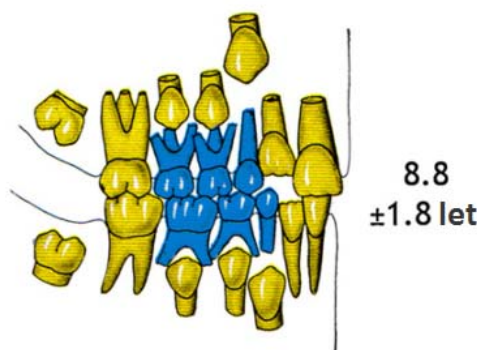
tak ilustrované schéma znázorňující postupnou výměnu mléčného chrupu za trvalý (Schour a Massler, 1941). Později bylo jejich vývojové schéma modifikováno Americkou zubní asociací (Panchbhai, 2011). V rámci této modifikace byl počet stádií redukován na 21 a k hodnotám věku byla přidána věková odchylka („±“), (Hillson, 1996).

Schématu může být vytknuto, že nerespektuje pohlavní dimorfismus, a že bylo vytvořeno na velmi malém populačním vzorku, jehož velkou část tvořily nemocné děti v ústavní péči (Blenkin a Taylor, 2012). Přesto bylo schéma testováno na 68 dětech mladších 8 let a střední chyba odhadu byla 0,1 roku (Liversidge, 1994).

Zásadní modifikaci původního schématu provedl Ubelaker – odebral 1 z prenatálních stádií a přidal 1 nové postnatální. Schéma bylo modifikováno na základě většího referenčního vzorku amerických Indiánů i na základě dat z jiných populačních studií (Ubelaker, 1978).

Podle Ubelakerova schématu bylo vytvořeno populačně specifické schéma například pro recentní australskou populaci, které zahrnovalo ilustrace celkem 18 vývojových stádií (Obr. 4) pro každé pohlaví. Při testování tohoto nového schématu byl věk odhadnut správně (tedy v rámci konfidenčního intervalu) u 84 % dívek a 79 % chlapců. Ve zbylých případech došlo především k podhodnocení věku (Blenkin a Taylor, 2012).

Výhodou metody je, že k vyhodnocení stačí rentgenové snímky chrupu a lze ji provádět velmi snadno bez nutnosti předchozího tréninku pro rozeznání jednotlivých vývojových stádií (Blenkin a Taylor, 2012).

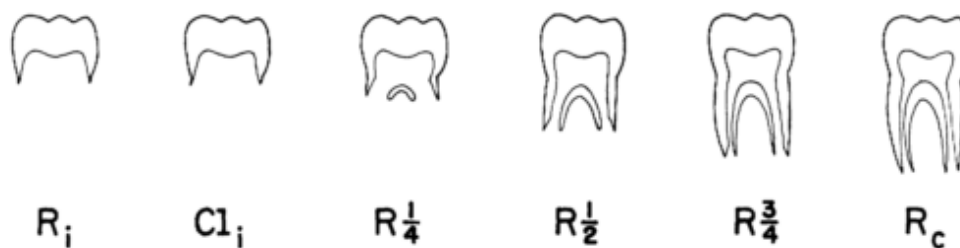


Obr. 4: 1 z 18 stádií dentice australských chlapců; zde schéma smíšené dentice chlapců ve věku 7 – 10,6 let; modře mléčná dentice, žlutě trvalá dentice (Blenkin a Taylor, 2012).

### 7.2.2 MFH-metoda a její modifikace

Moorrees, Fanning a Hunt (proto MFH-metoda) vytvořily schéma vývoje jednokořenových a vícekořenových zuby na základě longitudinální studie dětí z Ohia pro účely hodnocení dentální vyspělosti. Schéma pro oba typy zubů bylo rozděleno do 3 hlavních stádií: stádia korunky, kořene a kořenového zakončení. Tato hlavní stádia byla dále rozdělena

do několika podstádií (Obr. 5). V případě jednokořenových zubů byl vývoj rozdělen do 13 podstádií, u vícekořenových do 14. Vývojové schéma bylo navrženo jak pro muže, tak pro ženy (Moorrees a kol., 1963).



Obr. 5: Podstádia vývoje kořene pro vícekořenové zuby (Moorrees a kol., 1963).

Postupný vývoj jednotlivých zubů byl zanesen do grafu, z kterého bylo možné vyčíst průměrný věk se směrodatnou odchylkou.

MFH-metoda byla testována pro odhad věku i na jiných populačních vzorcích. Například na kosterních ostatcích londýnských dětí (Liversidge, 1994) či na afrických dětech (Phillips a Kotze, 2009). V obou případech se jednalo o podhodnocení skutečného věku, v prvním případě o 0,6 let, ve druhém dokonce o 0,9 let.

MFH-metoda byla modifikována Smithem (1991), jelikož graf byl pro určování dentálního věku u většího počtu jedinců velmi nepraktický (Hillson a kol., 2002). Smith vytvořil tabulku s průměrnými věkovými hodnotami pro jednotlivá stádia každého zubu. Z těchto hodnot se vypočítal průměr a získal dentální věk jedince (Smith, 1991). MFH-metodu použila také Haavikko (1970) pro vytvoření standardů dentálního vývoje helsinských dětí. Na rozdíl od Moorrees a kol. však byla data získána průřezově (Haavikko, 1970). Haavikko v další studii potvrdila, že spolehlivý odhad věku lze získat i s menším počtem zubů. Vytvořila 2 skupiny zubů, které vykazovaly nejvyšší korelaci s chronologickým věkem – dolní  $I_1$ ,  $P_1$ ,  $M_1$  a  $M_2$  byly doporučeny pro děti do 9 let, pro starší jedince  $\underline{C}$ ,  $P_1$  a  $M_2$  (Haavikko, 1974).

V rámci diplomové práce byly na základě MFH-metody vypracovány také normy dentálního vývoje české populace pro chlapce (Kubelková, 2006) i pro dívky (Podskalská, 2006).

Výhoda metody je především to, že lze použít jakýkoliv počet a typ zubů (Graham a kol., 2010).

### 7.2.3 Demirjianova metoda a její modifikace

Demirjian a kol. (1973) publikoval studii o vývoji dentice u francouzsko-kanadských jedinců ve věku 2 až 20 let. V této studii předložil zcela nový systém pro odhad věku na základě 8 vývojových stádií (A – H), (Obr. 6) u 7 trvalých zubů levého kvadrantu dolní čelisti (vyjma M<sub>3</sub>). První stádium představovalo počátek mineralizace korunky, poslední ukončení vývoje kořene. Každému stádiu bylo připsáno skóre. Skórovací hodnoty všech 7 zubů se sečetly a získalo se všeobecné maturační skóre, jež se přímo pomocí tzv. tabulky standardů převedlo do hodnot dentálního věku. Pro každé pohlaví byla vytvořena vlastní tabulka standardů (Demirjian a kol., 1973).

Jeden z důvodů širokého uplatnění metody je velmi snadná a univerzální aplikace skórovacího systému (Eid a kol., 2002). Nevýhodou metody je skutečnost, že postup lze aplikovat jen v případě přítomnosti či zachovalosti všech 7 zubů (Hillson, 1996). Chybějící zub levé strany dolní čelisti lze ovšem nahradit zubem z pravé strany (Demirjian a kol., 1973). Později byla také navržena metoda s redukováným počtem zubů – na 4 (Demirjian a Goldstein, 1976).

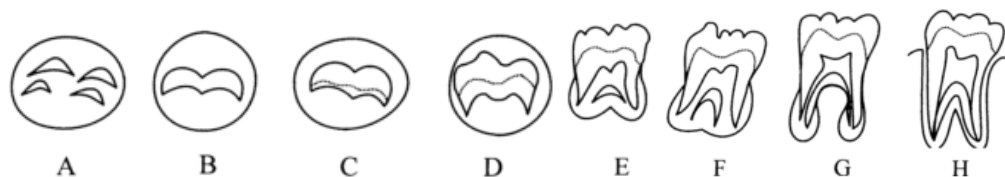
Demirjianova metoda byla testována již na mnoho populačních studií, např. belgickou (Willems a kol., 2001), brazilskou (Eid a kol., 2002), arabskou (Al-Emran, 2008), íránskou (Bagherian a Sadeghi, 2011) a mnoho dalších. Všechny tyto studie prokázaly, že Demirjianovo původní skórovací schéma věk u chlapců i dívek nadhodnocuje. Vysvětlením může být především fakt, že mezi zmíněnými studiemi a Demirjianovou studií na kanadských dětech je dosti široké časové období a dentální vývoj podlehl během těchto let sekulárním trendům (Liversidge a kol., 2006). Další rozdíly mezi populacemi mohou být způsobeny faktory, které byly popsány v kapitole o variabilitě dentálního vývoje. Existuje však i studie prokazující podhodnocení odhadovaného věku (Cruz-Landeira a kol., 2010, Bagherian a Sadeghi, 2011). Z tohoto důvodu dochází k častým modifikacím původního skórovacího systému navrženého Demirjianem a vznikají tzv. adaptovaná skórovací schémata, která jsou populačně specifická (např. Willems a kol., 2001; Al-Emran, 2008).

Bylo též vytvořeno tzv. Chailletovo multietnické dentální skóre použitelné v případě, pokud neznáme skutečný etnický původ jedince. Standardy byly získány na základě studie necelých 10 000 rentgenových snímků z 8 zemí světa. Použití této multietnické modifikace vykazovalo na kontrolním vzorku střední chybu odhadu  $\pm 2,15$  let roku (s konfidenčním intervalem 99%), což je pro forenzní účely přijatelné (Chaillet a kol., 2005).

Ačkoli Demirjianova metoda původně vylučovala ze svého schématu M<sub>3</sub>, Demirjian ji později do vývojového schématu zařadil, čímž se rozšířilo věkové rozpětí pro odhad

dentálního věku. Došlo také k rozšíření počtu vývojových stádií a změně jejich písmenného označení (A – H) na číselné (0 – 9), (Chaillet a Demirjian, 2004).

Na bangladéšských a britských dětech bylo testováno jak původní Demirjianova skóre, tak Willemsovo modifikované. Willemsova metoda podhodnotila věk u obou pohlaví průměrně o 0,12 let, zatímco Demirjianova nadhodnotila věk o 0,24 let. Willemsovo adaptační skóre tak bylo shledáno vhodnějším (Maber a kol., 2006).



Obr. 6: Stádia mineralizace stoliček (zpracováno podle Demirjian a kol., 1973).

#### 7.2.4 Camerierova metoda

Cameriere potvrdil korelaci mezi chronologickým věkem a velikostí dosud neuzavřených kořenových vrcholů. Na základě studie italských dětí vytvořil regresní rovnici pro odhad věku (Cameriere a kol., 2006).

K vyhodnocení dentálního věku podle Cameriere a kol. (2006) je zapotřebí 7 trvalých zubů. Nejprve se vypočítá počet zubů s ukončeným kořenovým vývojem, tzn. s kořeny s uzavřenými apikálními konci. U zubů s nedokončeným vývojem se vypočítá vzdálenost mezi vnitřními stěnami otevřeného apikálního zakončení. Pokud se jedná o dvoukořenový zub, vypočítá se suma obou vzdáleností. Pro normalizaci jednotlivých vzdálenostních hodnot se tyto hodnoty vydělí délkou zubu (Obr. 7). Normalizované výsledky se sečtou a dosadí do lineární regresní rovnice. Při testování této metody byl stanoven medián zbytkové chyby mezi odhadovaným a skutečným věkem – 0.035 let s IQR = 1,18 (Cameriere a kol., 2006).

Na principu Camerierovy metody byla vytvořena regresní rovnice i pro evropskou populaci. Soubor referenční skupiny se skládal z 2 652 europoidních dětí ze 7 evropských zemí. Nová rovnice byla vytvořena po vzoru původní. (Cameriere a kol., 2007a).

Ačkoli je metoda poměrně nová, byla již testována na několika populacích, například indické (Rai a kol., 2010), brazilské (Fernandes a kol., 2011) či mexické (De Luca a kol., 2012). V případě indické studie byla regresní rovnice upravena (nezohledňovala pohlaví a byl přidán geografický faktor) a její výsledek byl srovnatelný s předchozí studií. Přestože byla v brazilské i mexické studii použita původní evropská rovnice, dosáhlo se poměrně vysoké

přesnosti odhadu. V mexické studii byla střední chyba průměru 0,52 let u chlapců, u dívek 0,63 let. V brazilské studii byl mediánem reziduální chyby – 0,014 let.



Obr. 7: Příklad měření kořenových vrcholů; A= vzdálenosti mezi vnitřními stěnami otevřených vrcholů kořene; L = délka zubu (zpracováno podle Cameriere a kol., 2006).

#### 7.2.5 Metoda podle Gustafsona a Kocha

Gustafson a Koch (1974) navrhli diagram znázorňující vývoj dentice do 16. roku života jedince. Výstupem jejich metodologie byl diagram, který vyjadřoval věkové rozmezí pro počátek mineralizace, dokončení vývoje korunky, erupci a zformování kořene (Gustafson a Koch, 1974).

Spolehlivost diagramu otestovali oba autoři na 41 dětech známého věku. Odhadovaný věk byl od skutečného věku vzdálen přibližně 2 měsíce (Hillson, 1996). Podobných výsledků dosáhla také britská studie, kde byl věk u 63 londýnských dětí odhadnut s maximální chybou odhadu 0,10 ( $\pm 0,37$ ) roku (Liversidge a kol., 1994). Jiná studie při ověřování ovšem potvrdila velkou inter-observer i intra-observer chybu (Olze a kol., 2005).

Použití metody je velmi snadné, jelikož lze z diagramu vyčíst odhadovaný věk pomocí pouhého pravítka (Foti a kol., 2003).

#### 7.2.6 Metoda podle Nolly

Nolla (1960) vytvořila schéma postupné mineralizace trvalé dentice dolní i horní čelisti. Schéma ilustruje 10 stádií vývoje od objevení nekalcifikovaného zubního zárodku do uzavření kořenového vrcholu u jednotlivých typů zubů. Zuby jsou ohodnoceny podle stádia vývoje od 1 – 10. Pro odhad věku byla vytvořena převodní tabulka s věkovými normami a součty jednotlivých stádií všech zubů (Nolla, 1960). Pokud by nebyly k dispozici všechny zuby nebo by se projevila výrazná vývojová asymetrie, je doporučeno využít i menší počet zubů (Bolaños a kol., 2000).

U 946 bangladéšských a britských dětí tato metoda věk podhodnocovala o 1,02 roku se směrodatnou odchylkou  $\pm 0,93$ , a byla tak ve srovnání s třemi jinými metodami nejméně přesná. (Maber a kol., 2006). Podobného výsledku dosáhla i turecká studie, ačkoli u chlapců bylo podhodnocení nižší přibližně o 0,5 roku (Miloglu a kol., 2011). Pomocí této metody byl odhadnut věk u španělských dětí s přesností  $\pm 1,4$  roku u chlapců a  $\pm 1,2$  roku u dívek (Bolaños a kol., 2000). Překvapivého výsledku dosáhla turecká studie, která zároveň srovnávala metodu podle Nolly s Demirjianovou metodou. Ačkoli první zmíněná metoda věk podhodnotila, byla přesnější než metoda druhá (Nur a kol., 2012).

Schéma se může využít nejen pro odhad věku, ale také pro rychlé a snadné posuzení dentálního vývoje jedince (Nolla, 1960).

### **7.2.7 Ostatní metody**

Existuje celá řada dalších metod pro odhad věku dětí i juvenilních jedinců. Některé jsou založeny stejně jako většina již zmíněných metod na stádiu mineralizace. Liší se však počtem stádií a zubů, které se k vyhodnocení používají (Gleiser a Hunt, 1955; Harris a Nortje, 1984; Kullman, 1995; Gunst a kol., 2003).

K českým (popřípadě slovenským) autorům, kteří se zabývali metodami pro odhad věku u dětí a mladistvých, patří především Komínek a Rozkovcová (Komínek a Rozkovcová, 1984), Vlček (Vlček, 1994) či Blajerová (Blajerová, 1970).

Rozkovcová a Komínek vytvořili pomocí rentgenových snímků grafická schémata vývoje mléčné i trvalé dentice do 15 let života dítěte. Vývoj rozdělili do 7 stádií, u mléčného chrupu navíc zohlednili 3 stadia resorpce kořene (Komínek a Rozkovcová, 1984). Pro snadnější hodnocení stádií byly vytvořeny odečítací tabulky (Vlček, 1994).

Nutné je zmínit další studie popisující erupci zubů, v rámci kterých byly vytvořeny tabulky či grafy s pořadím a průměrným věkem prořezávání zubů (např. Nyström a kol., 2000; AlQahtani a kol., 2010; Liversidge a Molleson, 2004). Liversidge a Molleson (2004) rozdělili proces erupce do 4 stádií. AlQahtani a kol. (2010) vytvořili atlas vývojových stádií mineralizace a erupce zubu pro anglickou populaci. Obě zmíněné studie se lišily od předchozí Ubelakerovy studie tím, že v úvahu braly erupci alveolární nikoli gingivální.

### **7.2.8 Využití třetí stoličky pro odhad věku**

Třetí stolička ( $M_3$ ) začíná svůj vývoj oproti ostatním zubům, které dokončují vývoj ještě před dovršením 18 let, mnohem později. Je tak jediným zubem, jenž mezi 16 až 23 rokem stále podléhá kalcifikaci (Mesotten a kol., 2002; Acharya a kol., 2011). Toto věkové rozmezí se však může v rámci jednotlivých studií lišit z důvodu vysoké vývojové variability stoličky.

(Bolaños a kol., 2003). Společně s ostatními věkovými indikátory, jako je srůstání epifýzy a diafýzy, je tak  $M_3$  hlavním indikátorem věku v období dospívání (Van Vlierberghe a kol., 2010).

V mnoha zemích světa je věková hranice pro plnoletost nastavena na hranici 16 až 18 let, z tohoto důvodu hraje  $M_3$  velmi důležitou roli při odhadu věku u osob, kterým je nutné prokázat právní odpovědnost (Olze a kol., 2005). Například podle španělské studie, hodnotící vývoj pravé dolní  $M_3$  na základě Demirjianovy metody, lze u mužů s 96,8% a u žen s 98,6% pravděpodobností dokázat plnoletost (De Salvia a kol., 2004).

K odhadu věku se  $M_3$  využívá i přesto, že vykazuje nejvyšší variabilitu ze všech zubů a má relativně vysokou četnost ageneze (Rozkovcova a kol., 2012). Prevalence ageneze se může pohybovat v rozmezí 7% – 32,4 % (Bolaños a kol., 2003). Celá řada studií prokázala velké rozdíly vývoje jak mezi populacemi (Olze a kol., 2004; Zeng a kol., 2010; Van Vlierberghe a kol., 2010), tak mezi pohlavími (De Salvia a kol., 2004, Meinl a kol., 2007).

V případě studií zabývajících se rozdílným vývojem mezi pohlavími bylo potvrzeno, že muži dosáhnout většiny vývojových stádií  $M_3$  dříve než ženy na rozdíl od ostatních zubů, kde jsou v předstihu ženy. V jiných studiích však pohlavní rozdíly ve vývoji  $M_3$  nebyly potvrzeny (Bolaños a kol., 2003; Ardakani a kol., 2007; Araújo a Pontual, 2010).

Variabilita je tak velká, že v některých případech dochází k dokončení vývoje kořene všech čtyř  $M_3$  ještě před 18. rokem života (Mesotten a kol., 2002).

Ačkoli v řadě studií nebyl potvrzen rozdíl vývoje  $M_3$  ve vztahu k levé a pravé polovině čelisti (Meinl a kol., 2007; Araújo a Pontual, 2010), studie Ardakani a kol. (2007) doporučuje používat k odhadu věku pravou horní  $M_3$ , protože vykazuje těsnější korelaci s chronologickým věkem (Ardakani a kol., 2007).

Studie zabývající se spolehlivostí  $M_3$  jako indikátoru věku předkládají odlišné výsledky. Zatímco studie, probíhající na švédských adolescentech ve věku 12 až 19 let, potvrdila směrodatnou odchylku u chlapců v rozmezí 1,00 až 1,10, u dívek 1,2 až 1,4. (Kullman, 1995), v případě studie provedené na španělské populaci jedinců ve věku 14,5 až 25 byla stanovena maximální směrodatná odchylka 2,47 (De Salvia a kol., 2004).

Roku 2004 proběhla studie, která se snažila zhodnotit spolehlivost pěti různých metod pro odhadu věku pomocí  $M_3$ . Jejím výsledkem bylo, že nejspolehlivější odhad poskytuje Demirjianův skórovací systém (Olze a kol., 2005).



### **7.3 Metody odhadu dentálního věku u dospělých jedinců**

Při odhadu věku osob, u kterých již k žádnému vývoji dentice nedochází, se sledují morfologické změny dentice, které s věkem přibývají. Jedná se především o involuční procesy. Hlavní změny byly zmíněny již v samostatné kapitole. Nepřímým věkovým indikátorem může být ovšem i velikost dřeňové dutiny, která se se zvyšujícím se věkem zmenšuje vlivem ukládání sekundárního dentinu (Kvaal a kol., 1995).

Morfologické změny jsou výrazně ovlivňovány fyziologickými a patologickými procesy, které s věkem nemusí souviset (Sengupta a kol., 1998). Důležitou roli hraje také hygienická péče o chrup (Gustafson, 1950).

Jelikož každá metoda pro odhad věku u dospělých jedinců pracuje odlišně – některé hodnotí změny jednotlivě, jiné v kombinaci s jinými – jsou následující kapitoly rozděleny podle typu změn. Výjimku tvoří poslední dvě kapitoly, kde se podrobněji věnují Gustafsonově metodě a racemizačním metodám.

#### **7.3.1 Průhlednost kořene**

Zvyšující se průhlednost kořene je zapříčiněna mineralizací dentinových kanálků v kořeni a několik studií s ní pracuje jako s věkovým indikátorem (např. Gustafson, 1950; Acharya a Kumar, 2011).

Nevýhodou metody hodnotící průhlednost kořene může být obtížnost identifikovat rozsah průhledné zóny kořene a jeho standardizace pro velikost zubu. Složitá trojrozměrná struktura sklerotické zóny měření jejího rozsahu komplikuje, pokud se provádí na samostatných řezech (Hillson, 1996).

Existují jak histologické (např. Gustafson, 1950), tak neinvazivní metody měření transparentnosti kořene pomocí radiologického vyšetření (např. Lamendin a kol., 1992; Kvaal a kol., 1994). Studie Lamendin a kol. zohledňovala kromě transparentnosti kořene i stupeň periodontózy a průměrná chyba odhadu byla  $8,9 \pm 2,2$  let (Klepinger, 2006). Drusini hodnotil průsvitnost kořenového dentinu pomocí počítačové denzitometrie a výsledky odhadu věku porovnával s výsledky přímého měření transparentní zóny z histologických řezů zubu. Obě techniky vykazovaly podobnou přesnost odhadu s konfidenčním intervalem  $\pm 5$  let (Drusini a kol., 1991).

Ve srovnávacích studiích však průsvitnost kořene nevykazuje oproti ostatním involučním znakům takovou spolehlivost (např. Kvaal a kol., 1994; Acharya a Kumar, 2011).

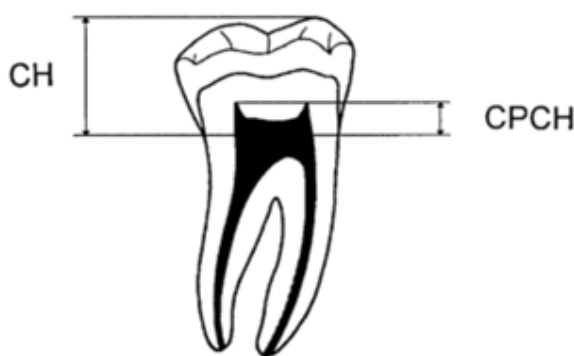
### 7.3.2 Ukládání sekundárního dentinu

Během procesu stárnutí dochází k postupnému ukládání sekundárního dentinu. Důsledkem tohoto ukládání je zmenšování dřeňové dutiny (Kvaal a kol., 1995). Ukládání dentinu může být jak fyziologické tak patologické. V případě obranné reakce organismu se jeho ukládání zvyšuje (Gustafson, 1950).

Proces ukládání dentinu je asymetrický. Rychleji probíhá u řezáků a třenových zubů, pomaleji u špičáků (Murray a kol., 2012).

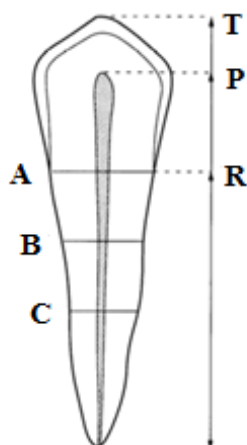
Studie, které se zabývaly druhotným dentinem jako věkovým indikátorem je několik (např. Gustafson, 1950; Kvaal a kol., 1995; Drusini a kol., 1997; Cameriere a kol., 2004).

Studie Drusini a kol. (1997) se zaměřila na korelaci mezi chronologickým věkem a redukcí dřeňové dutiny v korunce zubu. Z radiografických snímků stoliček a třenových zubů změřila výšku korunky a výšku její dřeňové dutiny (Obr. 8). Z naměřených hodnot byl vypočítán index, který se dosadil do regresní rovnice, z níž byl odvozen věk. Střední chyba odhadu se pohybovala v rozmezí 5,88 – 6,66 let. Přesnějších výsledků se dosáhlo u mužů. Metodu lze použít i na starší kosterní pozůstatky (Drusini a kol., 1997).



Obr. 8: CH (výška korunky), CPCH (výška dřeňové dutiny v korunce)

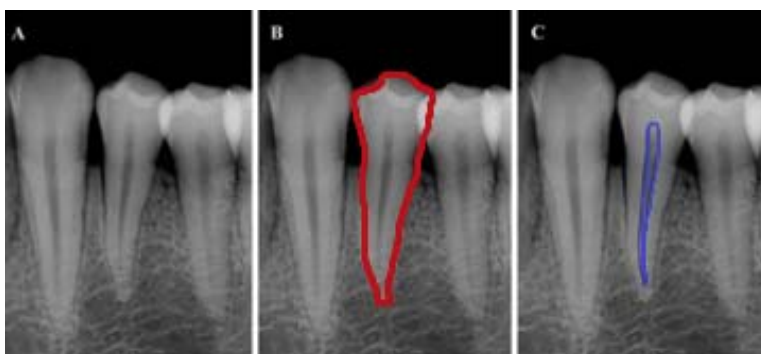
Kvaal a kol. (1995) pracovali s velikostními poměry mezi jednotlivými částmi zubu (Obr. 9). Sprůměrované hodnoty poměrů (vyjma poměru mezi délkou kořene a délkou zubu, který vykazoval velmi malou korelaci s věkem) dosadili do rovnice. Metoda byla hodnocena na 6 zubech dolní i horní čelisti. Při testování spolehlivost metody byla v případě použití všech 6 zubů získána střední chyba odhadu 8,6 let. Pokud byl použit jediný zub, chyba odhadu byla až od 2 roky vyšší (Kvaal a kol., 1995).



Obr. 9: Schéma znázorňující jednotlivé úseky pro měření: T (délka zubu), P (délka dřeně), R (délka dřeně v kořeni), A (úroveň pro měření šířky zubu a dřeně v oblasti krčku), C (úroveň pro měření šířky kořene a dřeně ve střední části kořene), B (úroveň pro měření šířky kořene a dřeně v oblasti mezi body A a C), (Kvaal a kol., 1995).

Cameriere a kol. (2004) navrhli podobnou neinvazivní metodu jako Kvaal (Kvaal a kol., 1995). Pomocí radiografických snímků zkoumali vztah mezi věkem a 5 velikostními poměry u C horní čelisti. Nejvyšší korelaci vykazoval poměr dřeňové dutiny a plochy zubu (obr. 10). Střední chyba odhadu byla u kontrolní skupiny menší než 4 roky (Cameriere a kol., 2004). Později byla metoda otestována i na jiných typech jednokořenových zubů – horních i dolních C (Cameriere a kol., 2007b) a dolních P<sub>1</sub> i P<sub>2</sub> (Cameriere a kol., 2012b). Ve všech případech byla střední chyba odhadu 4 – 6 let (testována byla italská a španělská populace).

Použitelnost metody byla testována také na jiných populacích. Na základě lineární regresní rovnice, kterou Cameriere a kol. (2007b) vytvořili pro dolní C, testovali Babshet a kol. přesnost metody u indické populace (Babshet a kol., 2010). Přesnost metody však byla s použitím původní rovnice nižší a střední absolutní chyba odhadu byla přes 11 let. Vytvoření populačně-specifické rovnice snížilo MAE o necelý rok. Možnost zvýšení přesnosti metody vidí Babshet a kol. (2010) v použití více než jednoho zubu.



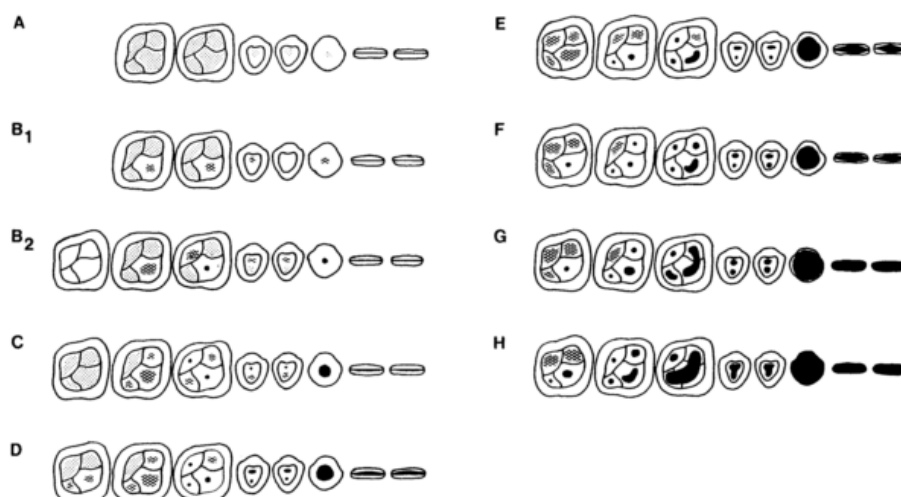
Obr. 10: Rentgenový snímek dolního P<sub>1</sub> při měření plochy zubu a dřeňové dutiny (zpracováno podle Cameriere a kol., 2012b).

### 7.3.3 Atrice

Atrice je postupné opotřebovávání zubní tkáně v oblasti funkčního kontaktu antagonistických zubů (Rösing a Kvaal, 1998). Může být ovlivněna řadou faktorů: bruxismem, stravou, zlozvyky i působením chemických látek (Bartlett a Smith, 2000).

Atrice patří mezi nejnápadnější znaky postupujícího věku, proto se její korelací s věkem zabývalo několik studií a byla vypracována řada metod pro odhad věku. Některé studie či metody byly založeny pouze na hodnocení stupně atrice (např. Miles, 1963; Lovejoy, 1985) jiné na kombinaci s dalšími morfologickými změnami (např. Gustafson, 1950; Acharya a Kumar, 2011).

Lovejoy vytvořil ilustrativní schéma popisující opotřebení okluzních ploch zubů u horní (Obr. 11) i dolní čelisti v závislosti na věku. Vývoj opotřebení rozdělil celkem do 9 fází



Obr. 11: Stádia atrice u zubů horní čelisti (zpracováno podle Lovejoy, 1985).

Předností těchto metod je levné a rychlé použití bez nutnosti přístrojů. Potřeba jsou jen adekvátní pozorovací schopnosti a vědomosti. Hlavní nevýhodou je omezená spolehlivost kvůli výše zmíněným vlivům (Fialova a kol., 2012).

### 7.3.4 Vrstvení zubního cementu

Dalším věkovým indikátorem u dospělých osob, může být prstencovité ukládání vrstev zubního cementu, jejichž počet koreluje s chronologickým věkem. Studie, které se odhadem věku na základě tohoto indikátoru zabývaly, vykazují střední chybu odhadu kolem 5 let (např. Wittwer-Backofen a kol., 2004; Kagerer a Grupe, 2001), některé dokonce 2 roky (Aggarwal a kol., 2008).

Zubní cement je kalcifikovaná tkáň obklopující dentin, ve které lze sledovat tmavé mineralizované linie extracelulární matrix, zakládající se již před erupcí zubu, a světlé nemineralizované linie, ukládající se během či po erupci zubu (Wittwer-Backofen a kol., 2004). Jedna vrstva cementu tvořena párem světlé a tmavé linie koresponduje s 1 rokem života jedince (Kagerer a Grupe, 2001). Lépe viditelné jsou jednotlivé linie pod polarizovaným mikroskopem než pod světelným (Aggarwal a kol., 2008).

Počet jednotlivých vrstev ( $n$ ) lze vypočítat jako  $n = X/Y$ , kde  $X$  značí šířku cementu od jeho spojení s dentinem k povrchu cementu, a  $Y$  šířku jednotlivé vrstvy. Pro získání odhadovaného věku se připočítá k počtu vrstev průměrný věk prořezání daného zubu (Aggarwal a kol., 2008).

Někteří autoři jsou toho názoru, že ukládání cementu může být silně ovlivněno periodontálním onemocněním redukující počet vrstev cementu (Kagerer a Grupe, 2001). Existují však studie, které na základě svých výsledků vliv tohoto faktoru na ukládání vrstev cementu odmítají (Aggarwal a kol., 2008).

Tvorba kalcifikovaných a nekalcifikovaných linií v rámci cementu byla vysvětlena sezonními rytmy v produkci parathormonu, který společně s vitamínem D reguluje resorpci vápníku (Wittwer-Backofen a kol., 2004).

Výhodou této metody je především její nezávislost na typu a pozici zubu. Každý zub vykazuje srovnatelné výsledky s ostatními zuby. Prokázán nebyl ani vliv pohlaví na ukládání cementu (Aggarwal a kol., 2008). Nevýhodou je stejně jako u dalších histologických metod pracnost a destrukce zubu.

### **7.3.5 Ostatní morfologické změny**

Počet zubů v ústech představuje rychlý a jednoduchý způsob odhadu věku jedince (Rösing a kol., 2007). S počtem zubů úzce koreluje také množství kazu. Doposud však nebyl studován kvantitativní vývoj tohoto parametru, a to zřejmě z toho důvodu, že kaz představuje v životě jedince pouze přechodný stav, který končí právě ztrátou zubu (Rösing a Kvaal, 1998).

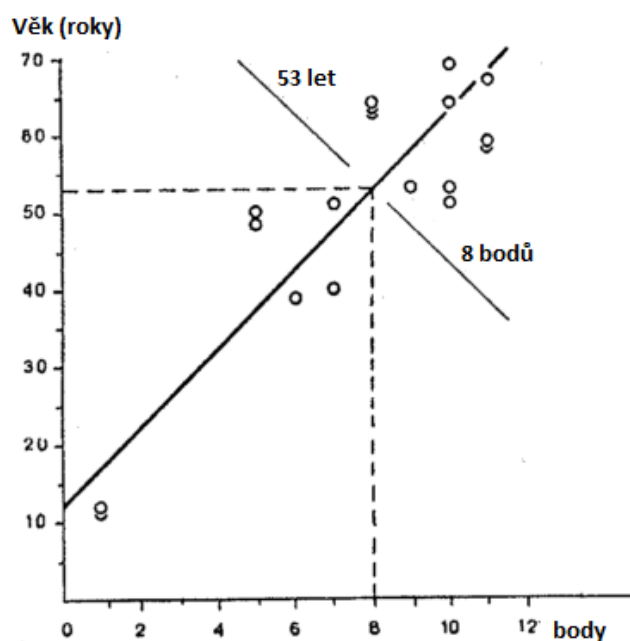
V průběhu života jedince se mění barva zubů z bělostné na žlutavou až hnědavou. Příčinou je především degradace organického materiálu ve sklovině i zubním cementu a mineralizace dentinu (Rösing a Kvaal, 1998). Solheimova studie potvrdila spojitost změny barvy zubu s narůstajícím věkem s vysokým korelačním koeficientem (Solheim, 1988). Barva zubu však závisí také na životním stylu jedince, proto by neměla být užívána jako jediný faktor odhadu věku (Pretty a Addy, 2002).

Periodontální ligamenta zajišťují upevnění zubu v dásni, a jejich ústup je závislý na věku (Rösing a Kvaal, 1998). Jejich korelační koeficient může být oproti jiným věkovým indikátorům, jako je například atrici, průhlednosti kořene a barvě zubu, vysoký, avšak chyba odhadu se pohybuje kolem 13 let (Acharya a Kumar, 2011) a nedoporučuje se je využívat jako samostatné indikátory věku, nýbrž v kombinaci s ostatními (Solheim, 1992). Pro stupeň ústupu periodontálních ligament se může využít např. metoda podle Lamendina (Lamendin a kol., 1992).

Resorpce kořene je jako jeden z 6 věkových indikátorů zařazen do skórovacího systému navrženého Gustafsonem (Gustafson, 1950). Resorpci kořene však nelze považovat za spolehlivý věkový indikátor u kosterních pozůstatků, jelikož se se zvyšujícím se postmortálním intervalem vytrácí (Megyesi a kol., 2006).

### 7.3.6 Gustafsonova metoda a její modifikace

Základem pro první široce uznávanou metodu pro odhad věku u dospělých osob je studie publikovaná Gustafsonem (1950). Tato metoda je založena na hodnocení věkových změn 6 zubních znaků - ukládání sekundárního dentinu, stupni parodontózy, atrici, vrstvení cementu, resorpci kořene a jeho průsvitnosti. Každé kritérium je ohodnoceno od 0 do 3. Skóre jsou následně sečtena a výsledná hodnota je zobrazena v závislosti na věku formou grafu lineární regrese (Obr. 9). Gustafsonova studie uvádí chybu odhadu u jednoho zubu  $\pm 3,6$  let, s použitím více zubů byl odhad přesnější (Gustafson, 1950).



Obr. 9: Vztah mezi bodovým ohodnocením a věkem (upraveno podle Gustafson, 1950).

Metoda není nijak limitována absencí zubů a skóre lze aplikovat na všechny typy zubů (Gustafson, 1950). Na druhé straně je nevýhodou nutnost extrakce zubu a jeho výbrus (Solheim a Vonen, 2006). V nedávné době však proběhla studie hodnotící jednotlivé involuční změny Gustafsonovy metody pomocí rentgenových snímků. Střední chyba odhadu byla v tomto případě 5,3 až 5,7 let (Olze a kol., 2012).

Slabinou původní Gustafsonovy metody je fakt, že je všem 6 kritériím dána stejná důležitost a váha. Z tohoto důvodu prošla metoda řadou modifikací (např. Johanson, 1971; Burns a Maples, 1976; Maples, 1978; Kilián a kol., 1981).

Johanson (1971) rozšířil skóre z původních Gustafsonových 0 – 3 na 0 – 6, a místo lineární regrese použil regresi mnohorozměrnou. Chyba odhadu se v 78,3 % všech odhadů pohybovala  $\pm 5$  let, v 95,7 %  $\pm 10$  let. Johanson doporučil používat k odhadu přední zuby.

Burns a Maples (1976) vytvořili novou mnohorozměrnou regresní rovnici, ve které zohlednili další proměnné – pozici zubu, pohlaví, etnickou příslušnost a výskyt periodontálního onemocnění. V rámci testování modifikace byl proveden odhad na nezávislém vzorku se střední chybou odhadu  $\pm 11,28$  let.

Pomocí Gustafsonovy metody, modifikované Kiliánem (Kilián a kol., 1981), byl Vlčkem proveden odhad věku dožití u několika významných osobností českých dějin (Vlček, 1993).

### **7.3.7 Racemizace kyseliny asparagové**

Racemizace je proces přechodu aminokyselin z L-formy do D-formy, jejichž počet s přibývajícím věkem roste (Griffin a kol., 2009).

Určení L-formy a D-formy kyseliny asparagové v zubech se studuje pro účely odhadu věku již několik desítek let (Arany a kol., 2004). Racemizace může být sledována ve sklovině (Griffin a kol., 2009), v cementu (Ohtani a kol., 1995) nebo v dentinu (Arany a kol., 2004), přičemž nejpřesnějších výsledků dosahuje dentin, v jehož případě může být chyba odhadu  $\pm 3$  roky.

Metoda by se neměla aplikovat u pozůstatků s příliš dlouhým postmortálním intervalem ani v případě spálených lidských ostatků (Ritz-Timme a kol., 2000). Proces racemizace je silně teplotně závislý a nižší teplota může vyvolat matoucí postmortální pokles racemizace kyselin (Griffin a kol., 2009).

U jedinců starších 40 let je odhad věku pomocí této metody přesnější (Ohtani, 1995).

Průměrná chyba odhadu se u všech věkových kategorií pohybuje v rozmezí  $\pm 1,5 - 4$  roky (Ritz-Timme a kol., 2000). Liversidge porovnávala racemizační metodu s morfologickými metodami a potvrdila vyšší přesnost metody racemizace (Liversidge a kol., 2003).

## 8. DISKUZE

Doposud byla vypracována celá řada studií a metod zabývajících se odhadem věku na základě dentice u nedospělých i dospělých jedinců. Všeobecně je velkým problémem variabilita biologických znaků. Přestože jsou zuby a jejich vývoj přibližně do 16 let jedince oproti jiným věkovým indikátorům odolnější vůči půdobení vnějších i vnitřních vlivů (AlQahtani a kol., 2010), jejich interindividuální variabilita existuje a nelze ji nijak eliminovat. Z tohoto důvodu může jedna metoda testovaná na několika různých populacích vykazovat zcela odlišnou přesnost a spolehlivost (Demirjian a kol. 1973; Eid a kol., 2002; Al-Emran, 2008). Neexistuje tedy žádná ideální či absolutně spolehlivá robustní metoda, která by byla univerzálně aplikovatelná na všechny jedince všech populací bez rozdílu.

Důležitým aspektem je nespolehat se při odhadování věku na jedinou metodu, ale zohlednit i jiné možné věkové indikátory, které se prokázaly jako spolehlivé (Santoro a kol., 2009). Může se jednat jak o kombinaci několika dentálních indikátorů (např. Gustafson, 1950), tak indikátorů dentálního a kostního věku (např. Garamendi a kol., 2005).

Jednotlivé metody se od sebe liší nejen přístupem hodnocení dentice, ale také interpretací výsledků odhadu a jeho spolehlivostí a přesností. Na jedné straně stojí metody vyžadující pro odhad věku jediný zub (např. Gustafson, 1950), na straně druhé jsou metody, které potřebují daný počet zubů (např. Demirjian, 1973). V souvislosti s požadavky jednotlivých metod je tedy nezbytností uvědomit si, v jakém případě lze danou metodu využít a v jakém nikoli. U bioarcheologických nálezů, kde se velmi často setkáváme s neúplnými dentálními nálezy, bychom neměli používat metody limitované chybějícími zuby. Důležitou roli hraje také časová, finanční a materiální náročnost metod. Například v porovnání s Ubelakerovým ilustrovaným schématem, pomocí kterého lze věk odhadnout velmi snadno a rychle, je v případě biochemických metod nutné počítat jak s časovou náročností, tak s vysokými materiálními nároky. Vysoké časové požadavky představují velkou nevýhodou především v případech masových katastrof, například tsunami či zemětřesení, kdy jsou forenzní pracovníci nuceni odhadnout věk co nejrychleji. Proto se v těchto situacích používají jednodušší, ačkoli méně přesné metody (Blenkina a Taylor, 2012).



Zkoumání přesnosti jednotlivých metod je komplikované. Jakékoli rozdíly mezi výsledky různých technik mohou být způsobeny odlišnou velikostí studované skupiny, jejím věkovým složením či jiným statistickým vyhodnocením (Maber a kol., 2006). Hodnocení dentálního věku může být mimo jiné ovlivněno zkušeností člověka, který odhad provádí (Moorrees a kol., 1963).

## **9. ZÁVĚR**

Tato bakalářská práce shrnuje metody odhadu věku na základě dentice u všech věkových kategorií, počínaje fetálním obdobím, a diskutuje o jejich výhodách i nevýhodách. V případě dětí a mladistvých se odhad věku provádí podle stadia mineralizace popřípadě erupce zubů. U dospělých jedinců, kde již k vývoji dentice nedochází, se věk odhaduje na základě morfologických změn. Přesnost odhadu věku klesá s narůstajícím věkem. Zatímco odhad věku u dětí je udáván především v řádech měsíců, u dospělých jedinců se často jedná o desítky let.

Jednotlivé metody lze rozdělit do několika kategorií. Na jedné straně existují metody nedestruktivní, které pracují s rentgenovými snímky chrupu nebo jsou založeny na přímém makroskopickém pozorování dentice. Výhodou těchto metod je fakt, že nevyžadují extrakci zubu a jsou často méně nákladné. Na druhé straně stojí metody, jež extrakci zubu a následné destruktivní zacházení se zubní tkání vyžadují, ovšem vykazují často přesnější výsledky odhadu.

Vzhledem k cílům práce a jejímu omezenému rozsahu nebylo možné zaměřit se na jednotlivé metody podrobněji. V mé diplomové práci bych se ráda zaměřila na některou z metod důkladněji a provedla studii o její použitelnosti na českou populaci.

## 10. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- Aggarwal P, Saxena S, Bansal P. 2008. Incremental lines in root cementum of human teeth: an approach to their role in age estimation using polarizing microscopy. *Indian J Dent Res* 19:326–30.
- Acharya AB, Kumar KK. 2011. Age estimation in Indians from extracted unsectioned teeth. *Forensic Sci Int* 212:275.e1–5.
- Acharya AB. 2011. Accuracy of predicting 18 years of age from mandibular third molar development in an Indian sample using Demirjian's ten-stage criteria. *Int J Leg Med* 125:227–33.
- Akhlaghi M, Taghaddosinejad F, Sheikhezadi A, Valizadeh B, Shojaei SMR. 2010. Age-at-death estimation based on the macroscopic examination of spheno-occipital sutures. *J Forensic Leg Med* 17:304–8.
- Al-Emran S. 2008. Dental age assessment of 8.5 to 17 Year-old Saudi children using Demirjian's method. *J Contemp Dent Pract* 9:64–71.
- AlQahtani SJ, Hector MP, Liversidge HM. 2010. Brief communication: The London atlas of human tooth development and eruption. *Am J Phys Anthropol* 142:481–90.
- Arany S, Ohtani S, Yoshioka N, Gonmori K. 2004. Age estimation from aspartic acid racemization of root dentin by internal standard method. *Forensic Sci Int* 141:127–30.
- Araújo A, Pontual M. 2010. Association between mineralization of third molars and chronological age in a Brazilian sample. *Rev Odonto Ciênc* 25:391–4.
- Ardakani F, Bashardoust N, Sheikhha M. 2007. The accuracy of dental panoramic radiography as an indicator of chronological age in Iranian individuals. *J Forensic Odontostomatol* 25:30–5.
- Babshet M, Acharya AB, Naikmasur VG. 2010. Age estimation in Indians from pulp/tooth area ratio of mandibular canines. *Forensic Sci Int* 197:125.e1–4.
- Bagherian A, Sadeghi M. 2011. Assessment of dental maturity of children aged 3.5 to 13.5 years using the Demirjian method in an Iranian population. *J Oral Sci* 53:37–42.
- Bai Y, Mao J, Zhu S, Wei W. 2008. Third-molar development in relation to chronologic age in young adults of central China. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci* 28:487–90.
- Bartlett D, Smith BGN. 2000. Definition, classification and clinical assessment of attrition, erosion and abrasion of enamel and dentine. In: Addy M, Embery G, Edgar M, editors. *Tooth wear and sensitivity: clinical advances in restorative dentistry*. London: Martin Dunitz Ltd, pp. 87–92. (citováno podle Fialova a kol., 2012).

- Berten J. 1895. Hypoplasie des Schmelzes (Congenitale Schmelzdefecte; Erosionen). Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde, 13: 425–606. (citováno podle Hillson, 1996).
- Blajerová M. 1970. Určování individuálního věku na skeletech dětí a dospívajících jedinců. Archeologické rozhledy 22:159–68.
- Blankenship J, Mincer HH, Anderson KM, Woods M, Burton EL. 2007. Third molar development in the estimation of chronologic age in american blacks as compared with whites. J Forensic Sci 52:428–33.
- Blenkin M, Taylor J. 2012. Age estimation charts for a modern Australian population. Forensic Sci Int 221:106–12.
- Boccone S, Micheletti Cremasco M, Bortoluzzi S, Moggi-Cecchi J, Rabino Massa E. 2010. Age estimation in subadult Egyptian remains. Homo 61:337–58.
- Bolaños M V, Manrique MC, Bolaños MJ, Briones MT. 2000. Approaches to chronological age assessment based on dental calcification. Forensic Sci Int 110:97–106.
- Bolaños MV, Moussa H, Manrique MC, Bolaños MJ. 2003. Radiographic evaluation of third molar development in Spanish children and young people. Forensic Sci Int 133:212–219.
- Bradley JA. 2007. Forensic Anthropology. New York: Infobase Publishing.
- Braga J, Heuze Y, Chabadel O, Sonan NK, Gueramy A. 2005. Non-adult dental age assessment: correspondence analysis and linear regression versus Bayesian predictions. Int J Leg Med 119:260–74.
- Burns KR, Maples WR. 1976. Estimation of age from individual adult teeth. J Forensic Sci 21(2): 343–56.
- Cameriere R, De Angelis D, Ferrante L, Scarpino F, Cingolani M. 2007a. Age estimation in children by measurement of open apices in teeth: a European formula. Int J Legal Med 121:449–53.
- Cameriere R, De Luca S, Alemán I, Ferrante L, Cingolani M. 2012b. Age estimation by pulp/tooth ratio in lower premolars by orthopantomography. Forensic Sci Int 214:105–12.
- Cameriere R, De Luca S, Biagi R, Cingolani M, Farronato G, Ferrante L. 2012a. Accuracy of three age estimation methods in children by measurements of developing teeth and carpals and epiphyses of the ulna and radius. J Forensic Sci 57:1263–70.
- Cameriere R, Ferrante L, Belcastro MG, Bonfiglioli B, Rastelli E, Cingolani M. 2007b. Age estimation by pulp/tooth ratio in canines by peri-apical X-rays. J Forensic Sci 52:166–70.

- Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. 2004. Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. *J Forensic Sci* 449:317 – 9. (pouze abstrakt).
- Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. 2006. Age estimation in children by measurement of open apices in teeth. *Int J Legal Med* 120:49–52.
- Cameriere R, Ferrante L. 2008. Age estimation in children by measurement of carpals and epiphyses of radius and ulna and open apices in teeth: a pilot study. *Forensic Sci Int* 174:60–3.
- Cruz-Landeira A, Linares-Argote J, Martínez-Rodríguez M, Rodríguez-Calvo MS, Otero XL, Concheiro L. 2010. Dental age estimation in Spanish and Venezuelan children. Comparison of Demirjian and Chaillet's scores. *Int J Legal Med* 124:105–12.
- Cunha E, Baccino E, Martrille L, Ramsthaler F, Prieto J, Schuliar Y, Lynnerup N, Cattaneo C. 2009. The problem of aging human remains and living individuals: a review. *Forensic Sci Int* 193:1–13.
- Čihák R. 2002. *Anatomie 2*, 2.vyd., Praha: Grada Publishing.
- De Luca S, De Giorgio S, Butti AC, Biagi R, Cingolani M, Cameriere R. 2012. Age estimation in children by measurement of open apices in tooth roots: Study of a Mexican sample. *Forensic Sci Int* 221:155.e1–7.
- De Salvia A, Calzetta C, Orrico M, De Leo D. 2004. Third mandibular molar radiological development as an indicator of chronological age in a European population. *Forensic Sci Int* 146 Suppl:S9–12.
- Dean MC. 2010. Retrieving chronological age from dental remains of early fossil hominins to reconstruct human growth in the past. *Phil. Trans. R. Soc. B* 365:3397–410.
- Demirjian A, Buschang PH, Tanguay R, Patterson DK. 1985. Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. *Am J Orthod* 88:433–438. (citováno podle Bagherian a Sadeghi, 2011).
- Demirjian A, Goldstein H, Tanner J. 1973. A new system of dental age assessment. *Hum Biol* 2:211–227.
- Demirjian A, Goldstein H. 1976. New systems for dental maturity based on seven and four teeth. *Annals of human biology* 3:411–21.
- Demirjian A, Levesque GY. 1980. Sexual differences in dental development and prediction of emergence. *J Dent Res* 59:1110–22.
- Deutsch D, Pe'er E, Gedalia I. 1984. Changes in size, morphology and weight of human anterior teeth during the fetal period, *Growth*, 48:74–85 (citováno podle Hillson, 1996).

- Drusini A, Toso O, Ranzato C. 1997. The coronal pulp cavity index: a biomarker for age determination in human adults. *Am J Phys Anthropol* 103:353–63.
- Drusini A, Calliari I, Volpe A. 1991. Root dentine transparency: age determination of human teeth using computerized densitometric analysis. *Am J Phys Anthropol* 85:25–30.
- Eid RMR, Simi R, Friggi MNP, Fisberg M. 2002. Assessment of dental maturity of Brazilian children aged 6 to 14 years using Demirjian's method. *Int J Paediatr Dent* 12:423–428.
- Fernandes MM, Tinoco RLR, De Braganca DPP, De Lima SHR, Franceschini Junior L, Daruge Junior E. 2011. Age estimation by measurements of developing teeth: accuracy of Cameriere's method on a Brazilian sample. *J Forensic Sci* 56:1616–9.
- Fialova D, Drozdova E, Zeman T, Klima B. 2012. Comparison of method of age assessment based on human dental wear and Combined method in Old Slavonic populations. *Česká Antropologie* 16(2):4–9.
- Foti B, Lalys L, Adalian P, Giustiniani J, Maczel M, Signoli M, Dutour O, Leonetti G. 2003. New forensic approach to age determination in children based on tooth eruption. *Forensic Sci Int* 132:49–56.
- Garamendi PM, Landa MI, Ballesteros J, Solano MA. 2005. Reliability of the methods applied to assess age minority in living subjects around 18 years old. A survey on a Moroccan origin population. *Forensic Sci Int* 154:3–12.
- Garn SM. 1972. Advanced tooth emergence in negro individuals. *J Dent Res* 51:1506. (citováno podle Schmeling a kol., 2003).
- Garvin HM, Passalacqua NV. 2012. Current practices by forensic anthropologists in adult skeletal age estimation. *J Forensic Sci* 57:427–33.
- Gleiser I, Hunt E. 1955. The permanent first molar: its calcification, eruption and decay. *Am J Phys Anthropol* 13:253–284. (citováno podle Mesotten a kol., 2002).
- Graham JP, O'Donnell CJ, Craig PJG, Walker GL, Hill J, Cirillo GN, Clark RM, Gledhill SR, Schneider-Kolsky ME. 2010. The application of computerized tomography (CT) to the dental ageing of children and adolescents. *Forensic Sci Int* 195:58–62.
- Greulich WW, Pyle SI. 1959. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist, 2nd ed., Stanford, CA: Stanford University Press. (citováno Chiang a kol., 2005).
- Griffin RC, Chamberlain T, Hotz G, Penkman KEH, Collins MJ. 2009. Age estimation of archaeological remains using amino acid racemization in dental enamel: a comparison of morphological, biochemical, and known ages-at-death. *Am J Phys Anthropol* 140:244–52.

- Gunst K, Mesotten K, Carbonez A, Willems G. 2003. Third molar root development in relation to chronological age: a large sample sized retrospective study. *Forensic Sci Int* 136:52–7.
- Gustafson G, Koch G. 1974. Age estimation up to 16 years of age based on dental development. *Odontol Revy* 25:297–306. (citováno podle Foti a kol., 2003).
- Gustafson G. 1950. Age determination on teeth. *J Am Dent Assoc* 41:45–54.
- Haavikko K. 1970. The formation and the alveolar and clinical eruption of the permanent teeth. *Proc Finn Dent Soc* 69:93–98. (citováno podle Hillson, 1996).
- Haavikko K. 1974. Tooth formation age estimated on a few selected teeth. A simple method for clinical use. *Proc Finn Dent Soc* 70:15–9.
- Harris MPJ, Nortje CJ. 1984. The mesial root of the third mandibular molar. *J Forensic Odontostomatol* 2: 39–43. (citováno podle Panchbhai, 2011).
- Hendl J. 2006. Přehled statistických metod zpracování dat. Praha: Portál.
- Hershkovitz I, Latimer B, Dutour O, Jellema LM, Wish-Baratz S, Rothschild C, Rothschild BM. 1997. Why do we fail in aging the skull from the sagittal suture *Am J Phys Anthropol* 103:393–9.
- Hillson S, Harris EF, Angadi P V. 2002. Tooth mineralization: A technical Note on the MFH Standards. *Dental Anthropology* 16(1):15–20.
- Hillson S. 1996. *Dental Anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hughes TE, Bockmann M. 2007. Strong genetic control of emergence of human primary incisors. *J Dent Res* 86:1160–5.
- Chaillet N, Demirjian A. 2004. Dental maturity in south France: a comparison between Demirjian's method and polynomial functions. *J Forensic Sci* 49:1059–66. (citováno podle Acharya, 2011).
- Chaillet N, Nyström M, Demirjian A. 2005. Comparison of dental maturity in children of different ethnic origins: international maturity curves for clinicians. *J Forensic Sci* 50:1164–1174 (jen abstrakt).
- Chiang K, Chou A, Yen P, Ling C. 2005. The reliability of using Greulich-Pyle method to determine children's bone age in Taiwan. *Tzu Chi Med J* 17:417–20.
- Janqueira LC, Carneiro J, Kelley RO. 1997. *Základy histologie*, 7. vyd., Jinočany: H&H.

- Johanson G. 1971. Age determination from teeth. *Odontol Revy* 22:11–126. (citováno podle: Acharya a Kumar, 2011).
- Kagerer P, Grupe G. 2001. Age-at-death diagnosis and determination of life-history parameters by incremental lines in human dental cementum as an identification aid. *Forensic Sci Int* 118:75–82.
- Karadayi B, Kaya A, Kolusayın MO, Karadayi S, Afsin H, Ozaslan A. 2012. Radiological age estimation: based on third molar mineralization and eruption in Turkish children and young adults. *Int J Legal Med* 126:933–42.
- Kilián J, Šídlo R, Merglová V. 1981. K problematice určování stáří jedince podle chrupu. *Soudní lékařství* 26(4):49-59.
- Kirsty L, Bruce A. 2005. Age written in teeth by nuclear tests. *Nature* 437:333–4.
- Klepinger LL. 2006. *Fundamentals of Forensic Anthropology*. New Jersey: Wiley-Liss.
- Komínek J, Rozkovcová E. 1984. Metoda určování zubního věku. In: Urban F, editor. *Pokroky ve stomatologii*. Praha: Avicenum, s 175–191.
- Kraus BS, Jordan RE. 1965. *The human dentition before birth*. Philadelphia: Lea & Febiger. (citováno podle Slípka a Tomaier, 1975).
- Kubelková R. 2006. Vypracování norem zubního věku pro současnou českou populaci (chlapci). Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Katedra antropologie a genetiky člověka. Vedoucí práce RNDr. Velemínská J, Ph.D. Praha: Univerzita Karlova.
- Kullman L. 1995. Accuracy of two dental and one skeletal age estimation method in Swedish adolescents. *Forensic Sci Int* 75:225–236.
- Kurki H. 2005. Use of the first rib for adult age estimation: a test of one method. *Int J Osteoarchaeol* 15:342–350.
- Kvaal SI, Kolltveit MK, Thomsen IO, Solheim T. 1995. Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci Int* 74:175–185.
- Kvaal SI, Sellevold BJ, Solheim T. 1994. A comparison of different non-destructive methods of age estimation in skeletal material. *Int J Osteoarchaeol* 4:363–70.
- Lamendin H, Baccino E, Humbert JF, Taverier IC, Nossintchouk RM, Zerilli A. 1992. A simple technique for age estimation in adult corpses: the two criteria dental method. *J. Forensic Sci* 37:1373–1379. (citováno podle: Klepinger, 2006; Acharya a Kumar, 2011).

- Li C, Ji G. 1995. Age estimation from the permanent molar in northeast China by the method of average stage of attrition. *Forensic Sci Int* 5:189–196.
- Liversidge HM, Dean MC, Molleson TI. 1993. Increasing human tooth length between birth and 5,4 years. *Am J Phys Anthropol* 90:307–13. (citováno podle Hillson, 1996).
- Liversidge HM, Chaillet N, Mörnstad H, Nyström M, Rowlings K, Taylor J, Willems G. 2006. Timing of Demirjian's tooth formation stages. *Ann Hum Biol* 33:454–70.
- Liversidge HM, Lyons F, Hector MP. 2003. The accuracy of three methods of age estimation using radiographic measurements of developing teeth. *Forensic Sci Int* 131:22–9.
- Liversidge HM, Molleson T. 2004. Variation in crown and root formation and eruption of human deciduous teeth. *Am J of Phys Anthropol* 123:172–80.
- Liversidge HM, Smith BH, Maber M. 2010. Bias and accuracy of age estimation using developing teeth in 946 children. *Am J Phys Anthropol* 143:545–54.
- Liversidge HM. 1994. Accuracy of age estimation from developing teeth of a population of known age (0 to 5,4 years). *Int J Osteoarchaeol* 4:37–46. (citováno podle Hillson, 1996).
- Lovejoy CO. 1985. Dental wear in the Libben population: its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. *Am J Phys Anthropol* 68:47–56.
- Luke DA, Stack MV, Hey EN. 1978. A comparison of morphological and gravimetric methods of estimation human foetal age from the dentitiona. In: Butler PM, Joysey KA, editors. *Development, function and evolution of teeth*. London: Academic Press, pp. 511–518. (citováno podle Hillson, 1996).
- Maber M, Liversidge HM, Hector MP. 2006. Accuracy of age estimation of radiographic methods using developing teeth. *Forensic Sci Int* 159 Suppl:S68–73.
- Marshall WA, Tanner JM. 1969. Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child* 44:291–303.
- Marshall WA, Tanner JM. 1970. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child* 45:13–23.
- Martins R, Oliveira PE, Schmitt A. 2012. Estimation of age at death from the pubic symphysis and the auricular surface of the ilium using a smoothing procedure. *Forensic Sci Int* 219:287.e1–7.
- Megyesi MS, Ubelaker DH, Sauer NJ. 2006. Test of the Lamendin aging method on two historic skeletal samples. 367:363–367.



- Meinl A, Tangl S, Huber C, Maurer B, Watzek G. 2007. The chronology of third molar mineralization in the Austrian population – a contribution to forensic age estimation. *Forensic Sci Int* 169:161–7.
- Mesotten K, Gunst K, Carbonez A, Willems G. 2002. Dental age estimation and third molars: a preliminary study. *Forensic Sci Int* 129:110–5.
- Miles AEW. 1963. Dentition and estimation of age. *J Dent Res* 42:255–63. (citováno podle Rösing a Kvaal, 1998).
- Miloglu O, Celikoglu M, Dane A, Cantekin K, Yilmaz AB. 2011. Is the assessment of dental age by the Nolla method valid for eastern Turkish children? *J Forensic Sci* 56:1025–8.
- Moorrees CF, Fanning EA, Hunt EE. 1963. Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res* 42:1490–502.
- Murray PE, Stanley HR, Matthews JB, Sloan AJ, Smith AJ. 2002. Age-related odontometric changes of human teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 93:474–82.
- Nedorost L, kolektiv autorů. 2009. Atlas histologie tvrdých tkání. Plzeň: Lékařská fakulta v Plzni, UK v Praze.
- Nelson SJ, Ash MM. 2010. Wheeler's Dental Anatomy, Physiology and Occlusion, 9th ed. St. Louis: Saunders.
- Nolla CM. 1960. The development of permanent teeth. *J Dent Child* 27: 254–266.
- Nur B, Kusgoz A, Bayram M, Celikoglu M, Nur M, Kayipmaz S, Yildirim S. 2012. Validity of Demirjian and Nolla methods for dental age estimation for Northeastern Turkish children aged 5-16 years old. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugia Bucal* 17:e871–e7.
- Nyström M, Peck L, Kleemola-Kujala E, Evälahti M, Kataja M. 2000. Age estimation in small children: reference values based on counts of deciduous teeth in Finns. *Forensic Sci Int* 110:179–88.
- Ohtani S, Sugimoto H, Sugeno H, Yamamoto S, Yamamoto K. 1995. Racemization of aspartic acid in human cementum with age. *Arch Oral Biol*. 40:91–95. (citováno podle Arany a kol., 2004).
- Ohtani S. 1995. Estimation of age from the teeth of unidentified corpses using the amino acid racemization. *Am J Forensic Med Pathol*:238–242.
- Olze A, Bilang D, Schmidt S, Wernecke K-D, Geserick G, Schmeling A. 2005. Validation of common classification systems for assessing the mineralization of third molars. *Int J Legal Med* 119:22–6.

- Olze A, Hertel J, Schulz R, Wierer T, Schmeling A. 2012. Radiographic evaluation of Gustafson's criteria for the purpose of forensic age diagnostics. *Int J Legal Med* 126:615–21.
- Olze A, Schmeling A, Taniguchi M, Maeda H, Van Niekerk P, Wernecke K-D, Geserick G. 2004. Forensic age estimation in living subjects: the ethnic factor in wisdom tooth mineralization. *Int J Legal Med* 118:170–3.
- Olze A, Taniguchi M, Schmeling A, Zhu B. 2003. Comparative study on the chronology of third molar mineralization in a Japanese and a German population. *Leg Med* 5:256–260.
- Olze A, Van Niekerk P, Ishikawa T, Zhu BL, Schulz R, Maeda H, Schmeling A. 2007. Comparative study on the effect of ethnicity on wisdom tooth eruption. *Int J Legal Med* 121:445–8.
- Panchbhai AS. 2011. Dental radiographic indicators, a key to age estimation. *Dentomaxillofac Radiol* 40:199–212.
- Phillips V, Kotze T van W. 2009. Testing standard methods of dental age estimation by Moorrees, Fanning and Hunt and Demirjian, Goldstein and Tanner on three South African children. *J Forensic Odontostomatol* 27:20–8.
- Podskalská L. 2006. Vypracování norem zubního věku pro současnou českou populaci (dívky). Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Katedra antropologie a genetiky člověka. Vedoucí práce RNDr Velemínská J, Ph.D. Praha: Univerzita Karlova.
- Pretty IA, Addy LD. 2002. Associated postmortem dental findings as an aid to personal identification. *Sci Justice* 42:65–74.
- Prieto JL, Barbería E, Ortega R, Magaña C. 2005. Evaluation of chronological age based on third molar development in the Spanish population. *Int J Legal Med* 119:349–54.
- Rai B, Kaur J, Jafarzadeh H. 2010. Dental age estimation from the developmental stage of the third molars in Iranian population. *J Forensic Leg Med* 17:309–11.
- Ritz-Timme S, Cattaneo C, Collins MJ, Waite ER, Schütz HW, Kaatsch HJ, Borrman HI. 2000. Age estimation: the state of the art in relation to the specific demands of forensic practise. *J Forensic Leg Med* 113:129–36.
- Rösing FW, Graw M, Marré B, Ritz-Timme S, Rothschild MA, Röttscher K, Schmeling A, Schröder I, Geserick G. 2007. Recommendations for the forensic diagnosis of sex and age from skeletons. *Homo* 58:75–89.
- Rösing FW, Kvaal SI. 1998. Dental age in Adults – A Review of Estimation Methods. In: Alt WK, Rösing FW, Teschler-Nicola M, editors. *Dental anthropology. Fundamentals, limits, and prospects*. New York: Springer-Verlag/Wien, pp 443–78.

- Rozkovcova E, Dostalova T, Markova M, Broukal Z. 2012. The third molar as an age marker in adolescents: new approach to age evaluation. *J Forensic Sci* 57:1323–8.
- Santoro V, De Donno A, Marrone M, Campobasso CP, Introna F. 2009. Forensic age estimation of living individuals: a retrospective analysis. *Forensic Sci Int* 193:129.e1–4.
- Santoro V, Roca R, De Donno A, Fiandaca C, Pinto G, Tafuri S, Introna F. 2012. Applicability of Greulich and Pyle and Demirijian aging methods to a sample of Italian population. *Forensic Sci Int* 221:153.e1–5.
- Sengupta A, Shellis RP, Whittaker DK. 1998. Measuring Root Dentine Translucency in Human Teeth of Varying Antiquity. *J Archaeol Sci* 25:1221–9.
- Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Rösing FW, Geserick G. 2003. Forensic age diagnostics of living individuals in criminal proceedings. *Homo* 54:162–9.
- Schour I, Massler M. 1941. The development of the human dentition. *J Am Dent Assoc* 28:1153–60. (citováno podle Hillson, 1996).
- Sinha A, Gupta V. 1995. A study on estimation of age from pubic symphysis. *Forensic Sci Int* 75:73–8.
- Slípka J, Tomaier J. 1975. X-ray diagnostics of the fetal period dentition. *Scripta Medica (Brno)* 48:147–51.
- Smith BH. 1991. Standards of human tooth formation and dental age assesment. In: Kelly MA and Larsen CS (editors). *Advances in dental anthropology*, New York: Wiley–Liss, pp. 143–168. (citováno podle Hillson, 1996).
- Solheim T, Sundnes PK. 1980. Dental age estimation of Norwegian adults: a comparison of different methods. *Forensic Sci Int* 16:7–17. (citováno podle Babshet a kol., 2010).
- Solheim T, Vonen A. 2006. Dental age estimation, quality assurance and age estimation of asylum seekers in Norway. *Forensic Sci Int* 159 Suppl:S56–60.
- Solheim T. 1988. Dental color as an indicator of age. *Gerodontology* 4:114–118. (citováno podle Acharya a Kumar, 2011).
- Solheim T. 1992. Recession of periodontal ligament as an indicator of age. *J Forensic Odontostomatol* 10:32–42. (citováni podle Acharya a Kumar, 2011).
- Soliman NL, El-Zainy MA, Hassan RM, Aly RM. 2011. Timing of deciduous teeth emergence in Egyptian children. *EMHJ* 17:875–81.

- Tanner J, Oshman D, Bahhage F, Healy M. 1997. Tanner-Whitehouse bone age reference values for North American children. *J Pediatr* 131:34-40. (citováno Chiang a kol., 2005).
- Ubelaker DH. 1978. Estimating age at death from human skeletons: an overview. *J Forensic Sci* 32:1254–63. (citováno podle Hillson, 1996).
- Ubelaker DH. 1989. *Human Skeletal Remains*, 2nd ed., Washington, DC: Taraxacum.
- Vacek Z. 2006. *Embryologie*. Praha: Grada Publishing.
- Van Vlierberghe M, Bołtacz-Rzepkowska E, Langenhove LV, Laszkiewicz J, Wyns B, Devlaminck D, Boullart L, Thevissen P, Willems G. 2010. A comparative study of two different regression methods for radiographs in Polish youngsters estimating chronological age on third molars. *Forensic Sci Int* 201:86–94.
- Velemínska J, Pilný A, Cepek M, Kotová M, Kubelková R. (in press). Dental age estimation and different predictive ability of various tooth types in the Czech population: data mining methods. *Anthropol Anz*.
- Vlček E. 1993. *Jak zemřeli*. Praha: Academia.
- Vlček E. 1994. Metodika určování zubního věku podle stupně mineralizace chrupu v historické antropologii a paleoantropologii. *Stomatologické zprávy* 35:30–9.
- Vodanović M, Dumančić J, Galić I, Savić Pavičin I, Petrovečki M, Cameriere R, Brkić H. 2011. Age estimation in archaeological skeletal remains: evaluation of four non-destructive age calculation methods. *J Forensic Odontostomatol* 29:14–21.
- Whittaker D. 1995. Forensic dentistry in the identification of victims and assailants. *J Clin Forensic Med Medicine* 145:145–151.
- Willems G, Olmen AV, Spiessens B, Carels C. 2001. Dental age estimation in Belgian children: Demirjian's technique revisited. *J Forensic Sci* 46:893–895.
- Wittwer-Backofen U, Gampe J, Vaupel JW. 2004. Tooth cementum annulation for age estimation: results from a large known-age validation study. *Am J Phys Anthropol* 123:119–29.
- Zeng DL, Wu ZL, Cui MY. 2010. Chronological age estimation of third molar mineralization of Han in southern China. *Int J Legal Med* 124:119–23.

**URL 1:** [http://www.statsoft.cz/file1/PDF/vyuziti\\_dataminingovych\\_metod\\_v\\_praxi.pdf](http://www.statsoft.cz/file1/PDF/vyuziti_dataminingovych_metod_v_praxi.pdf) (citováno 27. 4. 2013)